

Universidad Nacional de San Martín

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



**Identificación de Trazos Alternativos:
Carretera Lamas — Valle del Shanusi,
empleando el Método Aerofotogramétrico**

T E S I S

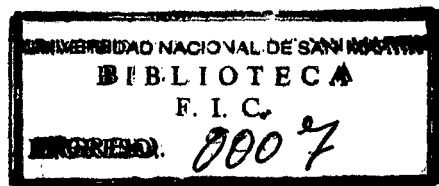
**Para Optar el Título Profesional de
INGENIERO CIVIL**

Bach. WALDO ARTURO RIOS RUIZ

T O M O I

TARAPOTO — PERU

1994



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

IDENTIFICACION DE TRAZOS ALTERNATIVOS: CARRETERA LAMAS - VALLE DEL SHANUSI, EMPLEANDO EL METODO AEROFOTOGRAFOMETRICO

Tesis presentada para optar el Título Profesional de

INGENIERO CIVIL

POR

Bach. Waldo Arturo Rios Ruiz

Asesor Ing. Daniel Díaz Pérez

Sustentada y aprobada ante el siguiente honorable jurado:

Ing. Luis Paredes Rojas
PRESIDENTE

Ing. Juvenal Díaz Agip
MIEMBRO

Ing. Serbando Soplopucó Quiroga
MIEMBRO

DEDICATORIA

A mis queridos padres:

JOSIAS RIOS REATEGUI

LUZDINA RUIZ DE RIOS

Fuentes inagotables de enseñanza.

Con todo cariño y respeto, por su abnegación y por su guía permanente, que iluminaron mi camino, permitiéndome ejecutar el presente trabajo.

A mis tíos:

DIMAS Y PAULITA ,
por sus consejos e
invalorable contribución.

A mis hermanos , quienes supieron
alentarme constantemente para la
culminación de este trabajo.

AGRADECIMIENTO

- . Al Ing. Daniel Díaz Pérez, Profesor Principal de la Universidad Nacional de San Martín-FIC; Asesor de la presente tesis, por sus orientaciones que se han plasmado en este estudio.
- . Al Ing. Luis Garnica Gonzales, Director Técnico Adjunto ONERN, Asesor INRENA; Coasesor de la presente tesis, por su orientación y ayuda, que me ha permitido llevar adelante el presente estudio.
- . Al Ing. Raúl Ríos Reátegui, Especialista en Medio Ambiente y Recursos Naturales, Ex-Presidente de la Comisión Organizadora de la Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto, por su decidida colaboración y sugerencias.
- . A la Dirección Regional del Ministerio de Transportes y Comunicaciones-Tarapoto, en la persona del Ing. Máximo Vilca Cotrina, por su colaboración para la realización del presente trabajo.
- . Al Ing. Luis Paredes Rojas, Profesor Principal de la UNSM-FIC, por sus consejos y recomendaciones.
- . Al Técnico del Servicio Aerofotográfico Nacional-Lima, Walter Olivares Choque, por su apoyo desinteresado en el desarrollo de este trabajo.

- . Al Sr. Chally Lay Panaifo, Ex-Jefe COOPOP-Lamas, por la información proporcionada.
- . Al Consejo Provincial de Lamas, en la persona del Sr. Alcalde, Prof. DÍlfrido Soria Díaz, por su valiosa colaboración.
- . A la Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto, Alma Mater del saber, por haberme cobijado en sus aulas brindándome sabias enseñanzas y por haberme dado la oportunidad de realizarme a través del Convenio suscrito con la FIC-UNI.
- . A la Universidad Nacional de Ingeniería-Lima, en la persona del Ing. Roberto Morales Morales, promotor y gestor del Convenio UNSM/FIC-UNI, a través del cual me permitió culminar mis estudios de antegrado en esa prestigiosa Casa Superior.
- . A mis profesores, por haberme brindado lo mejor de su vida, transmitiéndome sus conocimientos.
- . A la Comunidad VALLE DEL ALTO SHANUSI, por su manifiesta inquietud en dar solución a una de sus más caras aspiraciones, que es la carretera de integración con la Selva del Shanusi.
- . Al Fundo Agroindustrial "La Pampa" - Tarapoto, en la persona de su Gerente-Propietario Sr. Josías Ríos Reátegui, por el apoyo moral y económico para la culminación exitosa de la presente Tesis.
- . A la Familia DEL AGUILA-PEZO, mi gratitud.
- . A CARITAS DEL CALLAO, en la persona de la Srta. María Milagro Ríos Ruíz; por la digitación e impresión en la etapa inicial de este trabajo.

- . Al Centro de Cómputo AVC-Tarapoto, en la persona del Lic. Alciviades Vivas C., por su ayuda e impresión final de la presente Tesis.
- . A todas y cada una de las personas que hicieron posible la materialización de mi tesis.

INDICE

TOMO I

INTRODUCCION

RESUMEN

CAPITULO I

	Pág.
<u>GENERALIDADES</u>	1
1.1 LOCALIZACION	1
1.1.1 Nombre del Proyecto	1
1.1.2 Ubicación del Proyecto	1
1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO	6
1.3 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO Y OTROS TRABAJOS REA- LIZADOS	7
1.4 JUSTIFICACION DEL PROYECTO	9

CAPITULO II

<u>REVISION DE LITERATURA</u>	12
2.0 BASE TEORICA	
2.1 LA TELEOBSERVACION EN EL DESARROLLO NACIONAL ...	12
2.1.1 Percepción Remota	14
2.2 CARTOGRAFIA	16
2.2.1 La Cartografía	17
2.2.2 Conceptos Generales	18
2.2.3 Representación de la Superficie Te- rrestre sobre un Plano	20

	Pág.
2.2.4	Elementos Básicos de la Cartografía . 21
	. Coordenadas Geográficas 22
	. Coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM) o Planas 27
2.2.5	Documentos Cartográficos Disponibles para uso Civil en el Perú 33
	. La Fotografía Aérea 33
	. Imágenes de Satélites 36
	. Imágenes de radar 39
	. Carta Nacional 42
	. Planos Topográficos 47
	. Planos Catastrales 48
	. Mapas del Perú 48
2.2.6	Disponibilidad de los Documentos Car- tográficos 49
2.3	ETAPAS PARA EL DESARROLLO DE UN PROYECTO AERO- FOTOGRAMETRICO 51
2.3.1	Formulación del Proyecto o Inicio de la Actividad Cartográfica 53
2.3.2	Planeamiento de Vuelo y Levantamiento Aerofotográfico 54
2.3.3	Control terrestre 67
2.3.4	Aerotriangulación 82
2.3.5	Restitución Fotogramétrica 89
2.3.6	Trabajo de campo 96
2.3.7	Dibujo Cartográfico 96

	Pág.
2.4 FOTOGRAMETRIA	98
2.4.1 Fotografía Aérea	99
2.4.2 Aspectos Geométricos de una Fotogra- fía Aérea	100
2.4.3 Elementos de una Fotografía Aérea ...	102
2.4.4 Clasificación de las Fotografías Aé- reas	106
2.4.5 Información Marginal de una Fotogra- fía Aérea	113
2.4.6 Deformaciones Geométricas en las F.A.	117
2.4.7 Escala de las Fotografías Aéreas	126
2.4.8 Precauciones a Tomar en el Manejo de las Fotografías Aéreas	132
2.4.9 Uso de las Fotografías Aéreas en Zona de Selva	133
2.4.10 Utilización Topográfica de las F.A. .	135
2.4.11 Anotaciones Sobre las Fotografías ...	136
2.4.12 Ventajas y Desventajas del Método Aé- reo	138
2.4.13 Los Mapas Básicos	141
. Fotoíndice	142
. Fotomosaico	144
2.4.14 Contribución de las Fotografías Aé- reas a la Representación del Terreno proporcionada por los Mapas	146
2.4.15 Fotointerpretación	148
2.4.16 Fases de la Fotointerpretación	149

	Pág.
2.4.17	Métodos de Fotointerpretación 151
2.4.18	Elementos a Observar en la Fotointerpretación 152
2.4.19	Instrumentos empleados en Fotointerpretación 167
	. Estereoscopio de Espejos 169
2.4.20	Conceptos para el Análisis Cualitativo o Interpretación Preliminar de F.A. Verticales 171
	. Estereoscopia 171
	. Visión Estereoscópica 172
	. Análisis Estereoscópico 172
	. Condiciones para la Observación Estereoscópica 173
	. Observación Seudoscópica 175
	. Localización y Medición de Direcciones 176
	. Identificación de los Objetos 178
	. Base Instrumental del estereoscopio de Espejos 181
	. Orientación de las Fotografías Aéreas Verticales 185
2.4.21	Bases Teóricas para un Análisis Fotogramétrico Cuantitativo 189
	. Paralaje Estereoscópico 189
	. Marca Flotante 190
	. Barra de Paralaje 192

	Pág.
. Medición del Estereograma	195
. Medición Estereoscópica	196
. Precisión en los Valores de Diferencias de Nivel Obtenidas a Partir de la Medida de Paralajes Lineales.	202
. Eliminación Aproximada de deformaciones del Modelo	204
. Triangulación Radial	205
2.4.22 Preparación de un Itinerario	216
2.4.23 Etapas progresivas para el Estudio de Trazo de una Carretera Empleando el Método Aerofotogramétrico	221
. Criterios a Considerar en el Trazo de carreteras	239
2.5 LA FOTOGRAMETRIA Y EL COMPUTO ELECTRONICO APLICADOS AL ESTUDIO DE PROYECTOS DE CARRETERAS ...	257
2.5.1 Uso de Computadoras Electrónicas	261
. Restituidor Analítico	264
2.5.2 Sistema de Información Geográfica ...	274
2.6 IMPACTO AMBIENTAL EN PROYECTOS VIALES	277
2.6.1 Importancia de Nuestra Selva para el Desarrollo del País	282
2.6.2 La Nueva Filosofía de las Carreteras.	291

CAPITULO III

	Pág.
<u>MATERIALES Y METODOS</u>	299
3.1 MATERIALES	299
. Instrumentos	299
. Información Cartográfica	299
. Materiales de Dibujo	301
3.2 METODOLOGIA	303
3.2.1 Orientación de las Fotografías Aéreas	303
3.2.2 Identificación de los Puntos Princi- pales y sus Homólogos	304
3.2.3 Ubicación de las Líneas de Vuelo: De- terminación de Rumbos y Norte	305
3.2.4 Elaboración y Obtención de Cartogra- fía	306
. Construcción del Mapa Base	306
3.2.5 Desarrollo Específico del Método	307
. Análisis Cualitativo	307
. Análisis Cuantitativo	315

CAPITULO IV

<u>ASPECTOS ECONOMICOS DEL AREA DEL PROYECTO</u>	318
4.1 AREA DE INFLUENCIA	318
4.2 ESTRUCTURA ECONOMICO - SOCIAL	324
. Referencias de la Evaluación	324
. Superficie	326

. Antecedentes Históricos-Sociales	327
4.2.1 Características Generales de la Zona-	
Recursos Naturales	330
. Climatología y Ecología	330
. Recurso Edáfico	335
. Recurso Hidrográfico	338
. Recurso Forestal	338
. Recurso Minero-Energético	341
. Recursos Pesqueros	341
. Escenarios Naturales con Atractivos	
Turísticos	342
4.2.2 Características de la Actividad Eco-	
nómica	346
. Sector Agropecuario	346
. Sector Industrial	352
. Sector Minería	352
4.2.3 Población e Infraestructura de Servi-	
cios	353
. Población Total	353
. Población Económicamente Activa ...	355
. Transportes	357
. Comunicaciones	359
. Comercio	359
. Energía	360
. Educación	361
. Salud	362
. Vivienda	362

CAPITULO V

	Pág.
<u>INGENIERIA DEL PROYECTO</u>	364
5.1 EVALUACION DE LA INFORMACION DISPONIBLE	364
5.1.1 Estudios Anteriores	364
5.2 IDENTIFICACION DE LAS RUTAS	366
5.2.1 Ubicación Geográfica de la carretera	366
5.2.2 Estudio de Rutas	368
. Ruta I (Alternativa I)	371
. Ruta II (Alternativa II)	378
5.2.3 Características de las Líneas de Gra- diente	380
5.3 SELECCION DE LA RUTA MAS CONVENIENTE	383
5.3.1 Identificación y Recomendación de la Ruta más Conveniente de Acuerdo a la Metodología Empleada	383
5.4 INFORMACION GEOLOGICA, SUELOS Y CANTERAS	386
5.4.1 Aspectos Geológicos	386
5.4.2 Naturaleza General de los Suelos del Proyecto	392
5.4.3 Canteras	395
5.5 INFORMACION DE HIDROLOGIA Y DRENAJE	397

CAPITULO VI






<u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u>	403
---	-----

CAPITULO VII

<u>BIBLIOGRAFIA</u>	415
---------------------------	-----

TOMO II

ANEXOS

1. Cálculo de las Cotas del Terreno mediante la Medición Estereoscópica .
2. Reconocimiento terrestre de la Zona de Estudio (Ilustración Fotográfica) .
3. Planos:
 - I Planta General del proyecto (Mapa Base).
 - II Líneas de Gradiente .
 - III Perfiles Longitudinales .

RELACION DE FIGURAS Y GRAFICOS

FIGURA NO	TITULO	Pág.
II-1	Componentes de la Percepción Remota	15
II-2	Elementos de las coordenadas Geográficas	26
II-3a	Zona UTM-Descripción del contenido	31
II-3b	Coordenadas UTM	32
---	Representación de una Carta Nacional	44
II-4	Geoide y Elipsoide	74
---	Equipos utilizados en Control terrestre	77
II-5	Modelo Estereoscópico	93
---	Restituidor Analógico Kern PG-2	95
---	Restitución Fotogramétrica	96
II-6	Tipos de Proyección	101
II-7	Elementos de una fotografía Aérea	105
II-8	Clases de Fotografías Aéreas	112
---	Fotografía Aérea: Información marginal	115
II-9	Desplazamiento por Relieve	119
II-10	Desplazamiento Debido a la Inclinación	123
II-11	Escala de las Fotografías Aéreas	129
II-12	Fotoíndice o Índice Gráfico	143
II-13	Tipos de Patrones de Drenaje	165
II-14	Estereoscopio de Espejos	170
---	Fotografías Aéreas Consecutivas	174
II-15	Base Instrumental del Estereoscopio	184
II-16	Orientación de las F.A. Verticales	188
II-17	Paralaje Estereoscópico-Marca Flotante	191
II-18	Barra de Paralaje	193

II-19	Equipo Empleado en Triangulación Radial	211
II-20	Proceso para la triangulación Radial	215
II-21	Preparación de un Itinerario	218
II-22	Relación entre Divisorias, Talwegs, cumbres	242
---	Restituidor Analítico SD-2000	265
---	Estereocomparador Topcon PD-1000	270
---	Fotomosaico del Area de Estudio	322
---	Imágenes de Satélite Landsat-Area de Estudio	323
---	Vista de Lamas	328

GRAFICO Nº	TITULO	Pág.
1	Ubicación del proyecto en el Contexto del País	4
2	Ubicación del Proyecto-Dpto. San Martín	5
3	Documentos cartográficos para uso Civil	28
4	Perfiles transversales del Territorio Peruano	159
5	Area de Influencia del Proyecto	321
--	Diagrama Bioclimático (Holdridge)	400
--	Mapa Político Provincia de Lamas	Tomo-II

RELACION DE CUADROS

CUADRO Nº	TITULO	Pág.
--	Proceso de Confección de una Carta	43
--	Diagrama de Flujo: Proyecto Fotogramétrico	52
--	Formas de Extensión de Control	88
--	Elementos Básicos de un Proyecto Fotogramétrico	97
--	Clasificación Ambiental	281
--	Flujograma del estudio	302

IV-1	Cataratas Sector Lamas - Alto Shanusi	345
IV-2	Distribución de las Tierras por su Actividad	347
IV-3	Cultivos Predominantes	349
IV-4	Producción de ganado Vacuno	351
IV-5	Pastos Cultivados	351
IV-6	Población - Area de Estudio	354
IV-7	Recursos Humanos	356
IV-8	Centros Educativos	361
V-1	Selección de la Ruta más Conveniente	385
---	Estaciones Meteorológicas-Area de Estudio	401

INTRODUCCION

Las condiciones topográficas difíciles que presenta nuestro territorio, especialmente los contrafuertes del sistema andino y la exhuberante vegetación de la selva, dificultan, porque no decirlo, imposibilitan el estudio y la ejecución de proyectos en forma oportuna; de tal manera que se pueda hacer una planificación del desarrollo, acorde con las necesidades y condiciones específicas de cada región.

Ante esta realidad, surge la imperiosa necesidad de usar las fotografías aéreas e imágenes de satélite, herramientas que mediante técnicas avanzadas permiten analizar y cuantificar la información registrada por los sensores remotos, contribuyendo a la toma eficiente de decisiones legales, administrativas y económicas.

El propósito del presente trabajo, no es precisamente explicar métodos en los cuales se utilicen costosos equipos para estudios especiales de interpretación, sino aquellos

en los cuales sólo tengamos que utilizar un simple este-reoscopio de espejos o de lentes y la barra de paralaje u otro instrumento de medición.

Así pues, supondremos en las consideraciones que siguen que no se dispone de auténticos aparatos de restitución fotogramétrica sino solamente de un material simple para realizar las medidas o dibujos.

Es perfectamente lógico adoptar esta actitud ante el trabajo a realizar sobre todo si tenemos una clara idea del orden de magnitud de los errores que pueden cometerse y elegir con conocimiento de causa el método que mejor se adapte a nuestras necesidades.

Es sabido que, en los momentos actuales, el país afronta una verdadera crisis en su agricultura; crisis que deriva entre otros factores; de la escasez de tierras de cultivo por la reducción progresiva de las áreas agrícolas en la Costa como consecuencia de las urbanizaciones, así como los continuos problemas derivados de las sequías e inundaciones.

Por otro lado, la enorme presión demográfica que existe en la Sierra, así como la limitada posibilidad de utilizar sus tierras por la baja productividad de las mismas, son condicionantes de graves problemas socio-económicos, que en conjunto se traducen en un déficit de productos alimenticios.

De allí, no puede ser más acertada, ni más oportuna, la impostergable necesidad de buscar nuevas áreas aprovechables y de utilizar racionalmente sus recursos, motivando incorporar los valles de la Selva a través de vías de comunicación, que coadyuven a dinamizar y financiar la recuperación económica del país.

El presente estudio, corresponde al trazo de la carretera de penetración Inter-Departamental Lamas-Valle del Shanusi, jurisdicción de la Provincia de Lamas en el extremo Norte del Departamento de San Martín, que conecta sus puntos terminales con la carretera Lamas-Marginal de la Selva hacia los mercados andinos y de la costa por un extremo, y por el otro, con la carretera de Tarapoto, principal polo de desarrollo y centro hegemónico de esta zona de selva, a Yurimaguas, puerto fluvial en el Departamento de Loreto.

El presente trabajo, expone la combinación de la Fotogrametría y el Trazado de Caminos para el estudio de identificación de rutas usando fotografías aéreas, mediante el análisis cualitativo y cuantitativo de modelos estereoscópicos, siguiendo normas y procedimientos que aseguren precisión comparable a métodos terrestres.

Finalmente, el presente estudio, pretende cumplir con la necesidad informativa y de análisis de temas que por su especialización no siempre son tratados adecuadamente por

las notorias limitaciones y la carencia de información a nivel local.

Es mi convicción y deseo que la presente Tesis sirva para superar en parte estas limitaciones y dejar algunas pautas a aquellas generaciones, que tengan interés en la problemática de las vías terrestres de nuestro país.

RESUMEN

Durante muchos años ha habido necesidad de construir una carretera Este-Oeste, que conecte los ricos valles del Shanusi, con pueblos del Interior de la Provincia de Lamas.

El presente trabajo de tesis, reporta los resultados obtenidos en la identificación de dos rutas alternativas (I,II) con fines del trazo de la carretera Lamas-Valle del Shanusi, empleando los levantamientos aerofotogramétricos; es decir, la aplicación de la Fotogrametría a la Topografía, partiendo de fotografías aéreas complementadas con imágenes de satélite y sobre la base de ellas preparar los planos correspondientes. Los levantamientos aerofotogramétricos están fundados en el análisis matemático o gráfico de fotografías aéreas parcialmente superpuestas.

Ambas rutas están localizadas entre la Plaza de Armas de la Ciudad de Lamas y el Centro Poblado de Alianza a la altura del kilómetro 87 de la carretera Tarapoto-Yurima-

guas, jurisdicción de la Provincia de Lamas en el Departamento de San Martín.

La primera ruta alternativa (I) es continua de un punto terminal al otro, y la segunda (II) abarca un tramo de corta distancia entre los puntos terminales.

La identificación de ambas rutas se ha efectuado mediante el análisis cualitativo (Fotointerpretación) de los pares estereoscópicos que recubren el área específica de estudio, para luego ser analizadas cuantitativamente (Estudio Fotogramétrico) al realizar la medición estereoscópica de los estereo-pares, haciendo uso de la barra de paralaje conjuntamente con el estereoscopio de espejos u otro instrumento de medición.

Posteriormente, se compararon los resultados de las dos alternativas, estableciéndose una escala de ponderación para todos los elementos que caracterizan a las rutas.

Como resultado se obtiene que: la ruta que reúne las mejores condiciones técnico-económicas es la denominada RUTA I, con un desarrollo de 83.820 kilómetros.

En el Capítulo I, se destaca la localización, ubicación, objetivos, antecedentes del estudio y justificación del proyecto.

Desde el punto de vista político, se sabe que el Valle del Shanusi tiene intercomunicación directa con Yurimaguas, Capital de la Provincia de Alto Amazonas en el Departamento de Loreto, que potencialmente les abre las posibilidades de un mayor intercambio comercial. El Valle del Shanusi, se ha convertido en foco importante de atracción por ser centro generador de flujos actuales y potenciales.

Por otro lado, la Capital de la Provincia de Lamas, es la Ciudad de Lamas, que centraliza la administración provincial, con dificultades de comunicación, razón ésta para que los centros poblados de su jurisdicción vayan a otros de consumo, motivando un letargo en su desarrollo a pesar de sus 337 años de Fundación Española (10-10-1656).

Es por eso que la carretera en estudio resolverá este problema, incorporando los Sectores Lamas y Alto Shanusi a la red de Transporte regional y Nacional.

En el Capítulo II, se expone la base teórica en la cual se sustenta el presente trabajo. Se destaca nociones sobre cartografía, fotogrametría básica y algunas nociones que sirven como introducción a la fotogrametría de precisión. Así mismo, como información se toca lo referente a Impacto Ambiental en Proyectos Viales y la nueva filosofía de las carreteras.

El Capítulo III, trata sobre el material cartográfico empleado y la metodología aplicada en el desarrollo del presente trabajo.

En el Capítulo IV, se explica lo referente a las áreas de influencia directa e indirecta de la carretera proyectada; se presenta un análisis de la estructura económica, de sus recursos potenciales, población e infraestructura de servicios, de esta zona del Departamento de San Martín.

En el Capítulo V, se habla sobre la Ingeniería del Proyecto, en el cual ordenadamente se presenta la secuencia del trazado del eje preliminar de la carretera:

- Evaluar la información disponible.
- La identificación de rutas, alternativas de trazo.
- Descripción de las rutas.
- Selección de la ruta más conveniente.

Este capítulo es la esencia del estudio en general, presenta la nivelación de los puntos del eje preliminar de trazo, haciendo uso de la barra de paralaje vía la medición estereoscópica, para la obtención de los perfiles longitudinales. Hacemos una sinopsis de la configuración geológica y de suelos, así como también de las canteras existentes en el área de estudio; mencionamos a manera de informe lo referente a Hidrología y Drenaje.

En el Capítulo VI, se discute las conclusiones y recomendaciones.

En el Capítulo VII, se presenta la información bibliográfica.

Finalmente, en los Anexos (Tomo II) aparecen los resultados de los cálculos matemáticos, referente a la forma de obtener las cotas del terreno en cada uno de los puntos nivelados del eje preliminar de trazo mediante la medición estereoscópica, para la obtención del perfil longitudinal del proyecto.

Se hace también una ilustración fotográfica del reconocimiento terrestre y se presenta en forma ordenada el mapa base de la zona de estudio y los planos correspondientes.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 LOCALIZACION

1.1.1 Nombre del Proyecto

El estudio, materia del presente se denominará:
"IDENTIFICACION DE TRAZOS ALTERNATIVOS: CARRE-
TERA LAMAS - VALLE DEL SHANUSI, EMPLEANDO EL
METODO AEROFOTOGRAMETRICO".

1.1.2 Ubicación del Proyecto

Ubicación Política.

Región	: Selva Alta
Sector	: Bajo Mayo - Alto Shanusi
Departamento	: San Martín
Provincia	: Lamas
Distritos	: Lamas-Pongo de Caynarachi
Centros Poblados	: Lamas-Pamashto-Alianza

Ubicación Geográfica - Límites

El ámbito del proyecto limita de la siguiente manera:

- Norte: Provincia de Alto Amazonas (Dpto. Loreto).
- Sur : Carretera Marginal Tarapoto - Moyobamba.
- Este : Carretera Tarapoto - Yurimaguas.
- Oeste: Distrito de Shanao y Pinto Recodo (Prov. de Lamas).

Para ilustrar mejor la ubicación del proyecto, explicamos la localización de los puntos terminales:

La Ciudad de Lamas, corresponde al sector Bajo Mayo y se encuentra localizada en el Distrito de Lamas, Provincia del mismo nombre; según el paralelo $6^{\circ}25'19''$ de latitud Sur y el meridiano $76^{\circ}30'55''$ de longitud Oeste.

Lamas, se ubica a 835 m.s.n.m. y a 450 m. sobre el río Mayo, ocupando en su extensión tierras de selva alta.

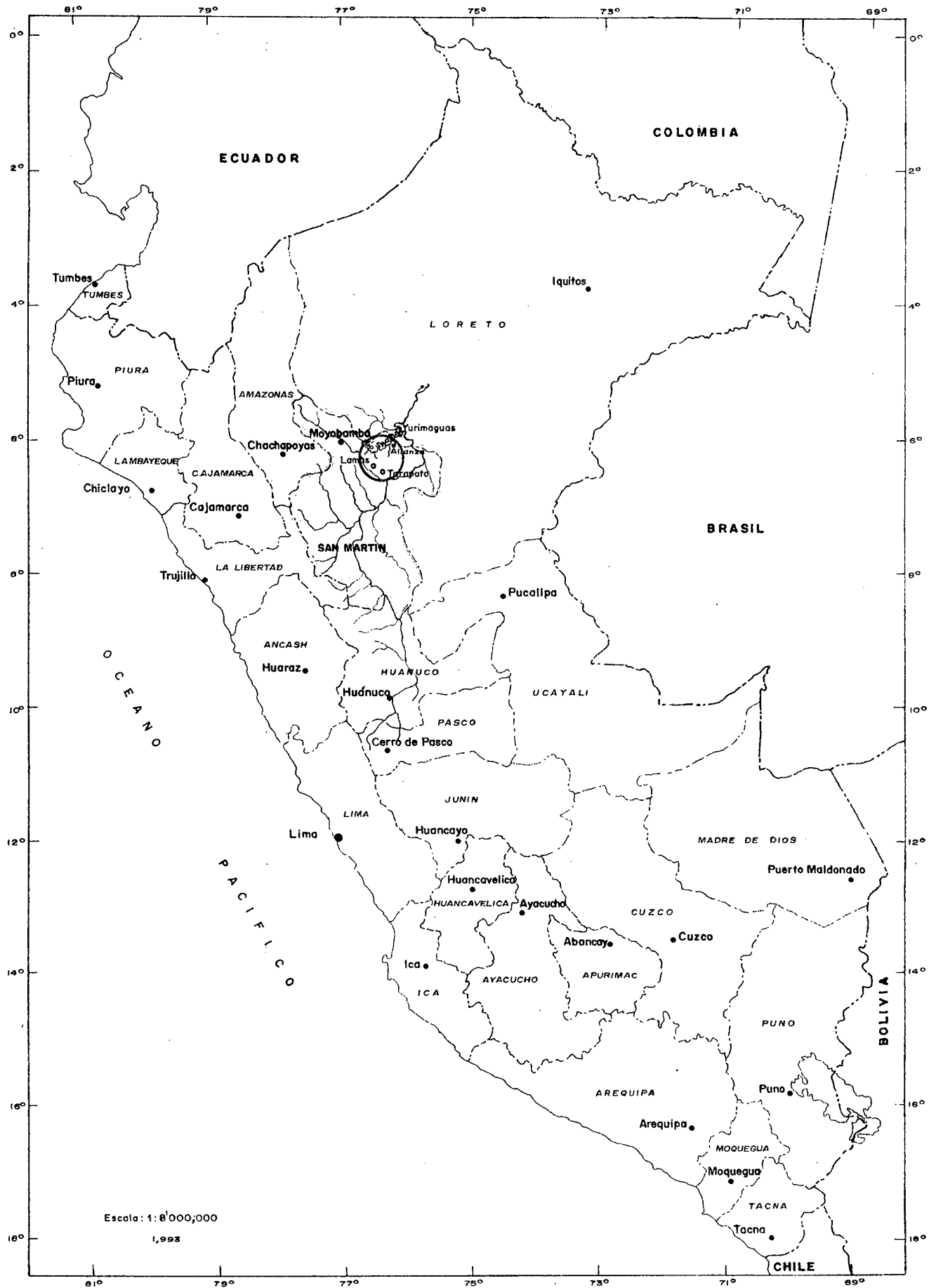
El Centro Poblado de Alianza, corresponde al borde oriental del sector Alto Shanusi y se encuentra localizado en el Distrito de Pongo de Caynarachi, Provincia de Lamas; según el paralelo $6^{\circ}7'15''$ de latitud Sur y el meridiano $76^{\circ}16'41''$ de longitud Oeste.

El sector Alto Shanusi, ocupa principalmente tierras de Selva Alta; sin embargo, por el Este llega a ocupar zonas con características de Selva Baja.

Alianza, se ubica a 169 m.s.n.m. y a orillas de la margen derecha del río Shanusi, a la altura del Km 87 carretera Tarapoto - Yurimaguas.

Se presenta en los Gráficos 1 y 2, la ubicación del proyecto en el contexto del País y su ubicación respecto al Departamento de San Martín.

UBICACION DEL PROYECTO EN EL CONTEXTO DEL PAIS



76°



1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO.

Los principales objetivos en la realización de este trabajo son los siguientes:

- 1°. Realizar el estudio de rutas alternativas, con fines del trazo de la carretera Lamas-Valle del Shanusi, utilizando fotografías aéreas complementadas con imágenes de satélite, y justificar la solución adoptada sobre la base de un criterio técnico-económico.
- 2°. Exponer las ventajas del método aerofotogramétrico en el desarrollo de proyectos de ingeniería.
- 3°. Efectuar el trazo de la línea de gradiente o eje preliminar y el perfil longitudinal de la ruta seleccionada.
- 4°. Incorporar el Valle del Shanusi, centro generador de flujos potenciales: económicos y de recursos naturales, a la red de transporte regional para el racional aprovechamiento de sus recursos en armonía con el medio ambiente, planificando las colonizaciones y evitar la ruptura del frágil equilibrio ecológico.
- 5°. Orientar las inversiones en las actividades

agropecuarias y forestales, en función a las ventajas económicas comparativas que la explotación racional de los recursos naturales, puede ofrecer al agricultor en los centros de consumo regional, nacional e internacional .

6°. Integración socio - económica y administrativa intradepartamental del Valle del Shanusi con respecto al Departamento de San Martín.

1.3 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO Y OTROS TRABAJOS REALIZADOS

El presente trabajo, se sustenta en los estudios de investigación realizados por el Departamento de Caminos de los Estados Unidos, quienes han desarrollado técnicas adecuadas para el empleo confiable de las fotografías aéreas en el trazo de carreteras, basados en que un modelo estereoscópico nos facilita una mayor información en perspectiva tridimensional.

En los últimos tiempos, con el vertiginoso avance tecnológico han surgido instrumentos y equipos digital-automatizados la mayoría de los cuales operan con programas computarizados que han venido a potenciar la fotogrametría de precisión aplicado a estudios de proyectos de carreteras.

Estos sistemas, permiten guardar en la "memoria" en forma

digital, la información dimensional obtenida fotográficamente sobre la topografía, reconstruyendo el modelo original de la exposición y a su vez corrigen los efectos originados por cambios de presión, alabeo, coleo durante el vuelo, lo cual nos lleva al dibujo automatizado de planos aerofotogramétricos.

Esto se logra mediante el empleo de un coordinatógrafo electrónico o plotter, guiado y operado de tal forma que pueda dibujar puntos de control, curvas de nivel, planimetría general, perfiles y secciones transversales y cualquier otra representación que se considere necesaria.

Se reduce así al mínimo necesario el estudio terrestre que resulta tan dificultoso en topografías como las nuestras.

La aerofotogrametría, es la ciencia o arte de obtener medidas reales, partiendo de fotografías aéreas. Nos brinda la información cuantitativa como son: altura, distancia, corrección tridimensional (ejes x,y,z), coordenadas, buzamientos.

En nuestro país, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, es la entidad que usa las fotografías aéreas en las primeras fases del desarrollo de un proyecto de carreteras. El uso de las fotografías aéreas con énfasis en la identificación de rutas para carreteras

se remonta al año 1963 en que los ingenieros Robert Wright y Luis Vera Barandiarán, desarrollaron una metodología para el trazo de una línea de gradiente para carreteras.

Hay casos en los Estados Unidos y Europa, en que todo el trabajo preliminar de trazo ha sido hecho en gabinete, sin haberse colocado una sola estaca hasta que se efectuó el replanteo del proyecto final de la carretera.

En el Departamento de San Martín, no se han desarrollado trabajos similares, por lo que este estudio viene a establecer el inicio de la investigación. La técnica desarrollada puede ser aplicada en el estudio de proyectos de irrigación, captación y abastecimiento de agua, planeamiento de centrales hidroeléctricas, tendido de líneas de conducción eléctrica, etc.

1.4 JUSTIFICACION DEL PROYECTO

La Provincia de Lamas, con su capital el Distrito de Lamas, creada por Ley Nº 7848 del 16-10-1933 y con 337 años de Fundación Española (10-10-1656), tiene una superficie de 6,338 kilómetros cuadrados, abarcando aproximadamente el 12.5 % del Departamento de San Martín que ocupa en su extensión principalmente zonas de Selva Alta.

El desarrollo de la Selva y su integración conlleva a la

intercomunicación vial, supone la implementación del sistema de transporte, capaz de articular eficazmente la región tanto internamente como con el resto del país.

La justificación económica se debe fundamentalmente a la apertura de una gran zona de influencia regional, para incentivar las actividades económicas existentes y sobre todo futuras que serían beneficiadas por la construcción del proyecto carretero.

Se puede definir al Valle del Shanusi, como uno de los centros concentradores de la generación de flujos del ámbito de influencia del proyecto.

Esta zona de selva, es privilegiada en lo que se refiere al gran potencial de sus recursos edáficos (suelos sumamente fértiles), pecuarios, agrícolas, forestales, climáticos, hidrológicos, mineros, energéticos, de fauna, flora, así como también bellezas paisajistas para fomentar el turismo, contando además con una población muy dinámica y emprendedora, ideal para que con el apoyo gubernamental de carácter técnico se pudiera desarrollar esta importante zona, en función de un aprovechamiento racional de sus recursos naturales.

Por otro lado, el eje longitudinal del Departamento (carretera marginal) se consolidará como medio de integración y confluencia de los subsistemas urbano

económicos (Lamas-Tarapoto, Rioja-Moyobamba, Juanjuí-Bellavista y Tocache-Uchiza) y de las áreas de producción respectivamente; en tanto que la carretera de penetración Lamas-Valle del Shanusi, será eje transversal de prioridad provincial y regional, por cuanto permitirá una mayor integración e incorporación de la región de la selva a la economía general del país.



CAPITULO II

REVISION DE LITERATURA

2.0 BASE TEORICA

2.1 LA TELEOBSERVACION EN EL DESARROLLO NACIONAL.

El desarrollo aeroespacial y la obtención de información a través de la teleobservación o percepción remota, ha generado una herramienta tecnológica que viene adquiriendo una importancia creciente en la búsqueda de soluciones concretas a los múltiples problemas que aquejan a la sociedad.

La aerofotografía, el radar y los sofisticados instrumentos que desde el espacio proporcionan imágenes en diferentes bandas del espectro electromagnético, pueden servir de mecanismos de insospechado valor para el mejor conocimiento de nuestros recursos naturales y medio ambiente, crecimiento urbano, contaminación y otros aspectos de carácter específico pero de vital interés para el desarrollo nacional.

No obstante, el conocimiento de estas técnicas implican necesidades profundas de divulgación y capacitación de los cuadros profesionales para familiarizarlos y convertirlos en usuarios corrientes de la teleobservación, lo que es impostergable dado el actual desarrollo y las posibilidades de uso que tiene la tecnología, así como las proyecciones futuras.

Los productos del Sistema de Percepción Remota (Fotografías Aéreas, Landsat, Spot, Radar), se consideran como instrumentos fundamentales para el estudio, detección, análisis y evaluación de los diferentes elementos geográficos de la cobertura terrestre (elementos que cubren la superficie terrestre) y uso de la tierra.

Las técnicas de interpretación de imágenes de la superficie terrestre, son aplicadas al desarrollo y conservación de los recursos naturales, geografía y medio ambiente, cartografía, fotogrametría, sistemas de información geográfica, agricultura y forestales, geología, recursos energéticos y mineros, hidrología, oceanografía y meteorología, desastres naturales, geotecnia y obras de ingeniería, desarrollo y planificación rural y urbana e investigaciones militares para la defensa nacional.

Hoy en día, el empleo de estos productos mediante las técnicas de tipo analógico (óptico-mecánico) o analítico (digital-automatizado) y la información suministrada por

los medios aerofotográficos y terrestres constituyen una herramienta poderosa para establecer correlaciones precisas sobre la naturaleza y cambio de los fenómenos de los cuerpos terrestres.

Cabe señalar que, ninguno de los medios sustituye a otro, más bien, se complementan poderosamente y que utilizados por especialistas de experiencia permiten obtener resultados de gran eficacia.

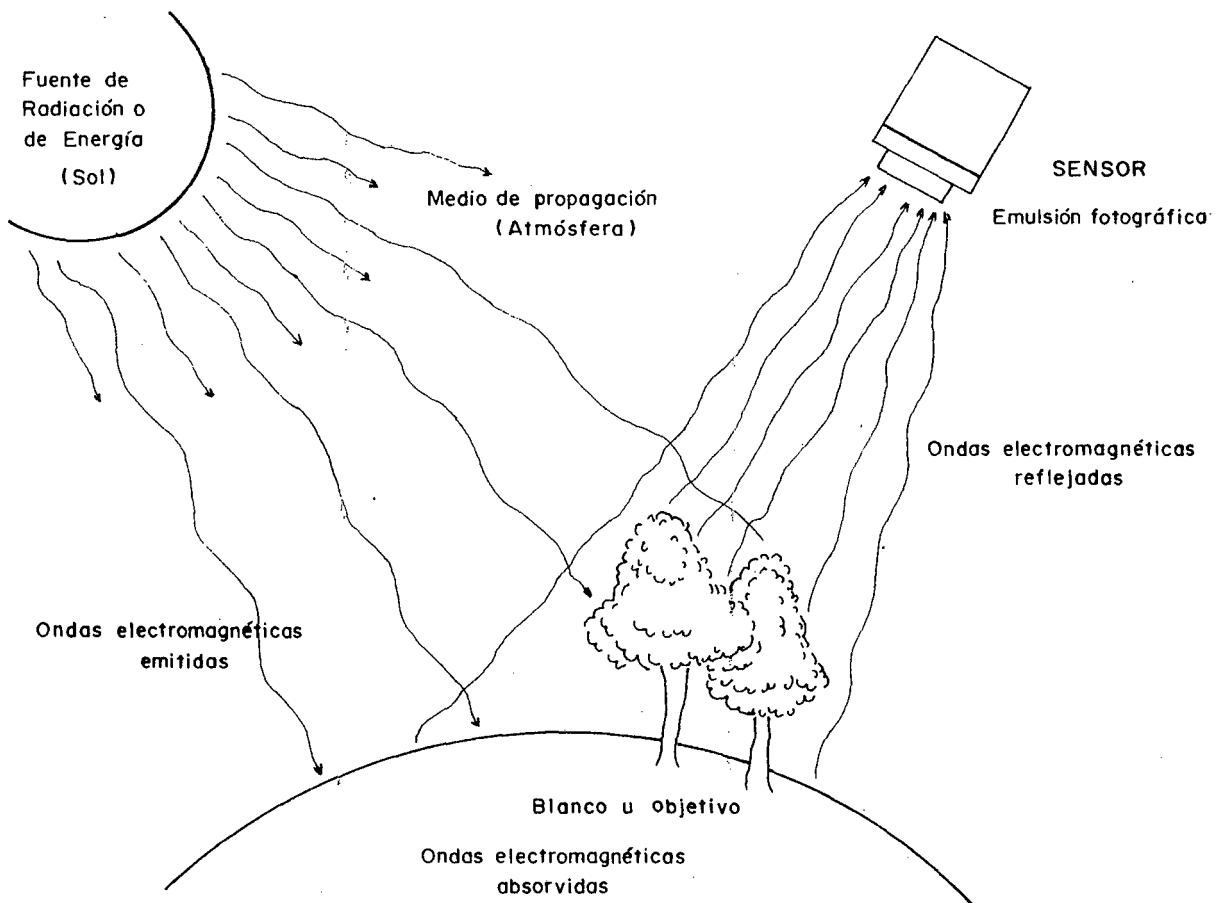
2.1.1 Percepción Remota

Es el registro de información a distancia o medición de un objeto, a partir de un sensor sin necesidad de que éste se encuentre en contacto con el objeto.

La absorción de radiaciones electromagnéticas en el espacio, se caracteriza fundamentalmente porque el emisor y el receptor no se encuentran en contacto directo. (Ver Fig. II-1)

FIGURA Nº II-1

COMPONENTES DE LA PERCEPCION REMOTA



Los sensores se pueden clasificar de acuerdo al tipo de energía que requieren, en:

Sensores Pasivos.- Son aquellos que no emiten su propia fuente de iluminación sino que recogen las radiaciones solares reflejadas por el terreno.

Es decir, disponen de una fuente de radiación natural (el sol). Ejemplo: la cámara aérea (fotografías aéreas), el barredor o explorador multiespectral M.S.S. y el mapeador temático T.M. (imágenes de satélite SPOT, LANDSAT).

Sensores Activos.- Tienen su propia fuente de energía. Ejemplo: el radar de vista lateral-SLAR (imágenes de radar), rayos láser, etc.

2.2 CARTOGRAFIA

Siendo la rama de la cartografía, básica para aplicar y diseñar los estudios temáticos sobre planos controlados en ubicación y precisión en altitud y coordenadas geográficas, se explicará brevemente algunos conceptos sobre su representación convencional y/o analítica generalmente a escala y sobre un plano de una parte de la superficie terrestre.

Además, explicaremos las características técnicas de los documentos cartográficos disponibles, ya que éstos, sirven de base para elaborar cartografía avanzada.

No se pretende abarcar todo el campo cartográfico, sino el más importante y de uso más corriente, pero la finalidad es que se utilice correctamente el existente y se elabore de la mejor manera el material básico.

2.2.1 La Cartografía

Cartografía, es la ciencia y/o arte de representar gráficamente, mediante mapas y cartas, la superficie física de la tierra, incluyendo las construcciones hechas por la mano del hombre y considerando todas las operaciones desde el inicio de la toma de vuelo aerofotográfico, o imágenes de satélite hasta la impresión final de su representación en papel estable .

Es ciencia, porque es la expresión gráfica para alcanzar explicación satisfactoria, procura el apoyo científico que se obtiene por la coordinación de determinaciones astronómicas y matemáticas con Topografía, Geodesia y Fotogrametría.

Es arte, porque se subordina a las leyes esté-

ticas de simplicidad, claridad y armonía, procurando cubrir el ideal artístico de belleza y plasmar la superficie de la tierra sobre un plano.

2.2.2 Conceptos Generales

Es difícil establecer una separación definitiva entre el significado de mapa y carta, no existiendo una diferencia rígida entre ambos conceptos.

En realidad, el mapa es apenas una representación ilustrativa y puede ser considerado particularmente como carta.

Mapa.- Es la representación de la tierra en sus aspectos geográficos, naturales o artificiales que se destina a fines culturales o ilustrativos.

El mapa, no tiene carácter científico especializado y es generalmente construido en escala pequeña cubriendo un territorio más o menos extenso.

Carta.- Es la representación de aspectos naturales o artificiales de la tierra, destinada a

fines prácticos de la actividad humana, permitiendo información precisa de distancias, direcciones y localización geográfica de puntos, áreas y detalles.

Plano.- Es un mapa y/o carta de carácter especializado a escala grande, diseñado para fines específicos.

Los mapas y cartas pueden ser clasificados sobre diversos aspectos. Como la tendencia actual es considerar los mapas como cartas geográficas, se han clasificado de acuerdo a su finalidad de uso.

- 1.- Mapas geográficos: Topográficos
Planimétricos
- 2.- Mapas catastrales: Urbano
Rural
Minero
- 3.- Mapa aeronáutico
- 4.- Mapa náutico
- 5.- Mapas especiales y/o temáticos.

La carta geográfica, cuando representa toda la superficie de la tierra se denomina mapa mundi o planisferio.

2.2.3 Representación de la Superficie Terrestre sobre un Plano

Siendo el problema fundamental de la cartografía, la representación gráfica de la tierra, es necesario conocer la forma de la superficie terrestre.

La cartografía necesita de una superficie de referencia geoméricamente definida. Dado que el geoide no representa tal característica, fue establecida para la superficie técnica de la tierra el elipsoide de revolución, superficie considerada como la forma real de la tierra considerando las ventajas que se requería para la conexión de varios trabajos geodésicos. La adopción de un sólo elipsoide, fue recomendado por la Conferencia de Madrid en 1956, el uso del Elipsoide de Hayford como Elipsoide Internacional de referencia.

La representación de la superficie terrestre sólo en forma de carta, implica la representación de una superficie muy grande sobre otra de dimensiones bastante reducida. Para ello relacionamos la longitud del gráfico con la longitud correspondiente medida sobre la superficie de la tierra. Esa reducción es lo que se

denomina escala.

2.2.4 Elementos Básicos de la Cartografía

Uno de los principios fundamentales de la cartografía corresponde el establecimiento de un sistema de coordenadas sobre la tierra, de manera que cada punto de la superficie pueda ser relacionado a ese sistema.

Los antiguos griegos estudiaron el problema concibiendo los meridianos y paralelos, creando el sistema de coordenadas geográficas (cantidades angulares): Latitud y Longitud.

El conjunto de paralelos y meridianos, representado en la carta es obtenido por un sistema de proyección, denominado red o cuadrillado constituyendo la base de la confección de la carta geográfica.

El sistema de proyección generalmente usado a nivel mundial es la Proyección Cilíndrica Ecuatorial Conforme de Mercator (UTM), que por su universalidad de los valores de sus coordenadas planas (cantidades lineales) pueden transformarse fácilmente a otros sistemas.

Al realizar cualquier trabajo técnico en el país, los datos proporcionados de coordenadas y latitudes permiten obtener valores internacionales, ya que ellas están ajustadas a un punto determinado internacional, que permitirán utilizar valores comunes y no arbitrarios correlacionando así los diferentes levantamientos.

A. Coordenadas Geográficas

Sistema de líneas imaginarias sobre un plano o de círculos máximos sobre una esfera, situadas por lo general en ángulos rectos, unas con relación a otras y usadas para localizar la posición de un objeto con respecto a un punto u origen.

La proyección cilíndrica tiene la propiedad de magnificar las formas y superficies de los espacios, a medida que se alejan de la línea tangencial con la línea de contacto del cilindro. Ejemplo: en los mapas mundi, Groenlandia se ve mucho más grande que América del Sur y la realidad es que América del Sur es aproximadamente 8 veces mayor y esto se debe a la latitud o sea la distancia de Groenlandia a la línea ecuatorial.

Es un sistema totalmente arbitrario y convencional que se desarrolla sobre la base de dos elementos:

- a) Meridiano.— Es un círculo máximo que circunda la tierra pasando por los dos polos geográficos; por lo tanto, existe un número ilimitado de meridianos. Por convencionalismo y regulado por acuerdos internacionales se ha escogido como meridiano 0° el que pasa por el observatorio de Greenwich en Inglaterra. Prácticamente todos los meridianos son iguales.

Los meridianos originan las siguientes líneas y campos:

Longitud.— Es la distancia que tiene cualquier meridiano con respecto al meridiano 0° , osea el de Greenwich. Puede ser:

Longitud Oeste, cuando se halla al oeste del meridiano 0° . La máxima amplitud es de 180° .

Longitud Este, cuando se halla al este del meridiano 0° . La máxima amplitud es de 180° .

También los meridianos dan origen a los hemisferios: el Occidental (al oeste) y el Oriental (al este), de esta forma se dice longitud oeste o longitud este (siempre referido al meridiano 0° o base el de Greenwich). La unidad de medida de los meridianos, está basado en el sistema CGS y es el grado, minuto y segundo. (Ver Fig. II-2a)

- b) Paralelos.- Son líneas imaginarias que circundan la tierra en círculos paralelos al Ecuador; de todos los paralelos el único círculo máximo es el Ecuador Geográfico, y todos los demás paralelos son de diferentes tamaños llegando en el extremo, de hacer en cada polo un punto. Los paralelos originan las siguientes líneas y campos:

Latitud.- Es la distancia de cualquier paralelo con respecto al Ecu-

dor. El Ecuador terrestre es el origen de los paralelos y se le asigna el 0° de latitud. Puede ser:

Latitud Sur, cuando un paralelo se halla al sur del Ecuador, la amplitud máxima es de 90° . (Ver Fig. II-2b)

Latitud Norte, cuando el paralelo se halla al norte del Ecuador, su amplitud máxima es de 90° .

Los paralelos originan también:

Hemisferio Norte, es la parte de la tierra que se halla hacia la dirección del Polo Norte, originándose en la línea ecuatorial.

Hemisferio Sur, es la parte de la tierra que se halla hacia la dirección del Polo Sur, originándose en la línea ecuatorial.

Con las Coordenadas Geográficas, es posible ubicar cualquier punto del planeta.

FIGURA Nº II-2

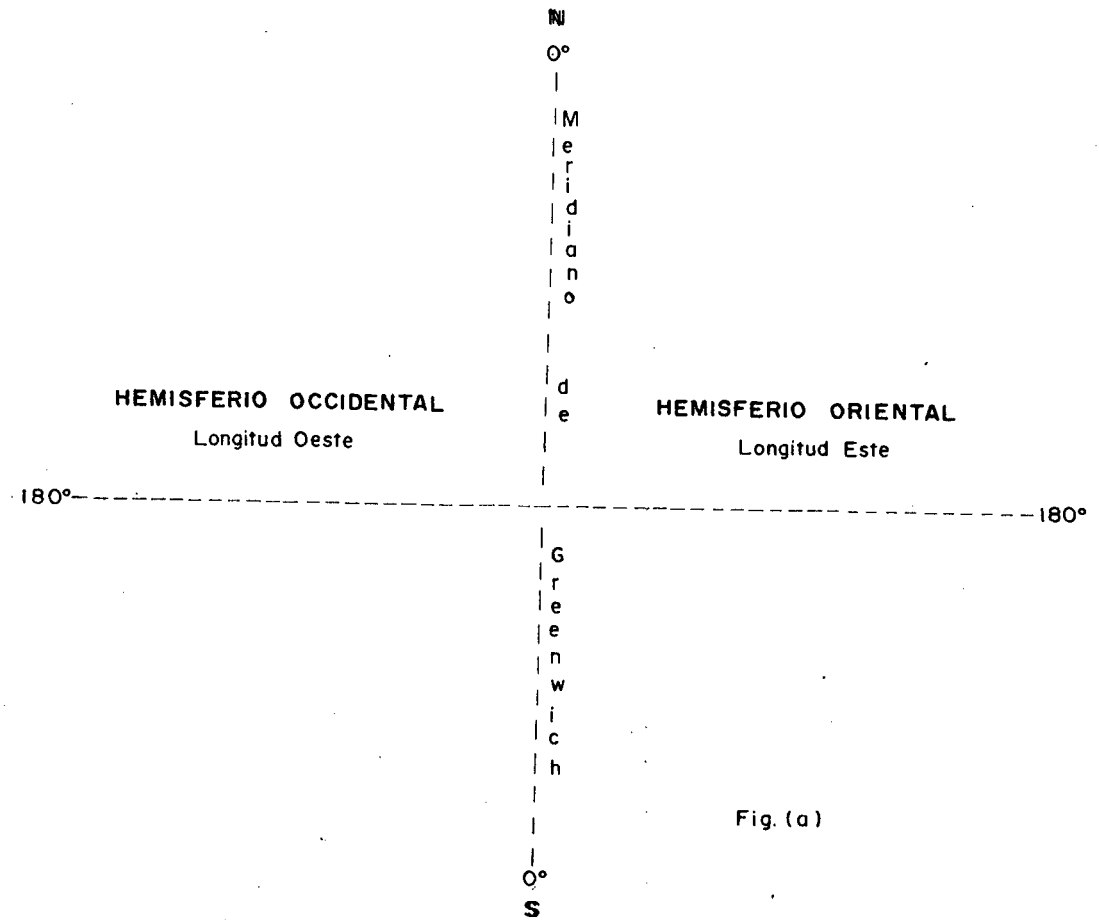


Fig. (a)

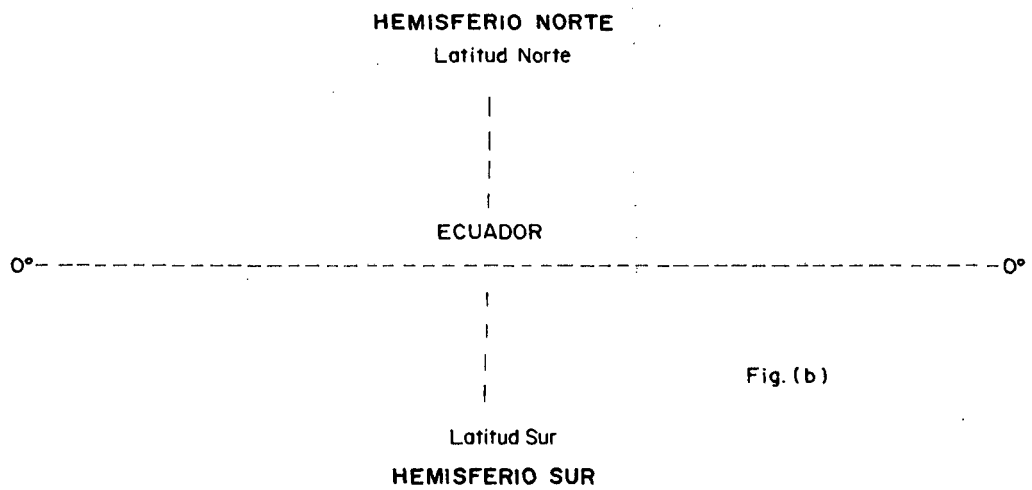


Fig. (b)

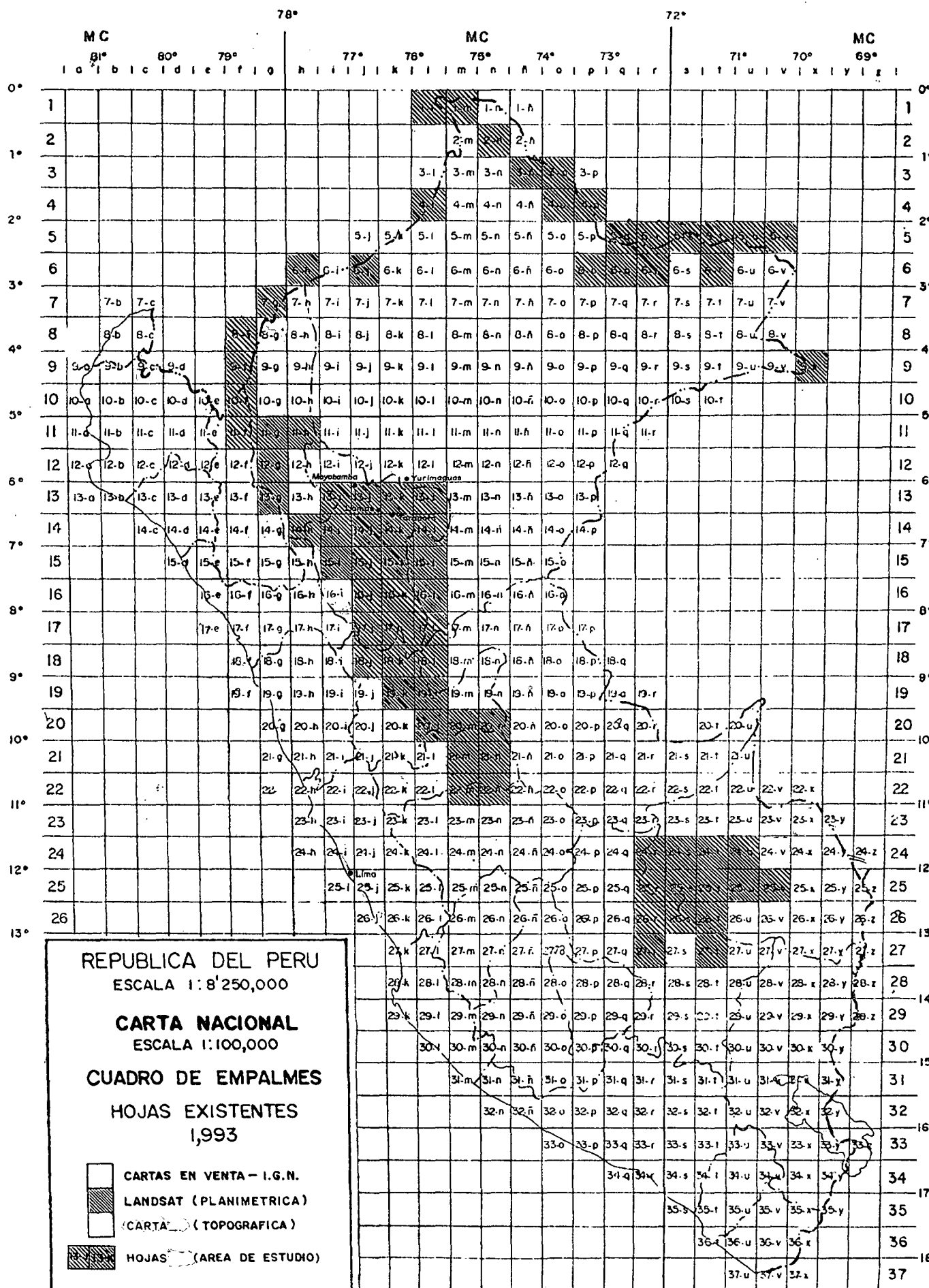
B. Coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM) o Planas

Son coordenadas desarrolladas a partir de un cilindro, cuyo eje es un meridiano geográfico predeterminado.

La UTM, es una proyección policilíndrica, Conforme (igual forma) que resulta de proyectar el elipsoide de Clark sobre varios cilindros secantes. En esta proyección, el mundo está dividido y a esto se debe el nombre de Universal; y como el cilindro es transversal al eje de los polos se denomina Transversal.

La característica fundamental en estas coordenadas, es que consideran a la superficie terrestre como un plano y se expresan sus medidas en kilómetros (o metros).

Las coordenadas geográficas tienen el problema de deformar las áreas y los contornos de los continentes. La UTM, obviará el problema al dividir el mundo en áreas o zonas de 6° de amplitud y desarrollar la proyección no alrededor del Ecuador sino del meridiano central.



Las zonas o esferoides, son cada una de las partes en que se ha dividido el globo terrestre, con un ancho de 6° entre meridianos (que es la máxima distancia en la cual el plano no sufre grandes distorsiones). Así tenemos que al Perú le corresponde las zonas 17, 18 y 19 con meridianos centrales en los meridianos geográficos longitud oeste de Greenwich: 81° , 75° y 69° respectivamente. (Ver Gráfico Nº 3)

El origen de las coordenadas UTM es su meridiano central al que arbitrariamente se le asigna el valor de 500 kilómetros (ó 500,000 mts.). Cada zona abarca 6° de amplitud, aproximadamente de 666.66 km., pero hacia el Este y Oeste del meridiano central 3° en cada sentido, lo que equivale aproximadamente a 333.33 km. por lado; hacia el Oeste los valores son menores a 500 y al Este los valores son mayores a 500. Por lo tanto nunca habrá números negativos. (Vea Fig. II-3a)

Para ubicar la latitud y precisar el punto, se inicia con el Ecuador terrestre asignándole una cifra arbitraria de 10,000 km. (ó 10'000,000 mts.) a partir de este

punto hacia el Sur decrece la distancia y se tiene por diferencia la distancia exacta. (Vea Fig. II-3b)

Así podemos decir como ejemplo; un lugar cuyas coordenadas UTM son las siguientes:

18 - 330 - 9290.

18 : Es la zona cuyo meridiano central es 75° geográfico.

330 : Significa que el punto está hacia el Oeste del meridiano central y exactamente a 170 km. ($500 - 330 = 170$).

9290 : Significa que el punto está hacia el Sur del Ecuador a 710 km. ($10,000 - 9,290 = 710$).

Con este sistema, podemos ubicar cualquier punto en una línea imaginaria.

Por lo tanto, para relacionar ambos sistemas, utilizaremos:

1 segundo = 30.75 m.

1 minuto = 1.845 km.

30 minutos = 55.35 km.

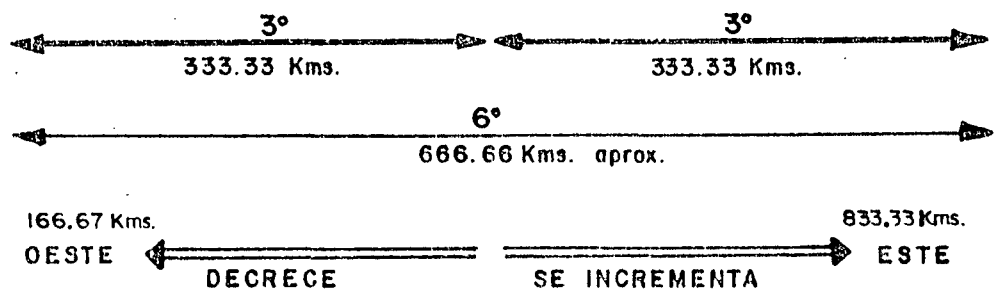
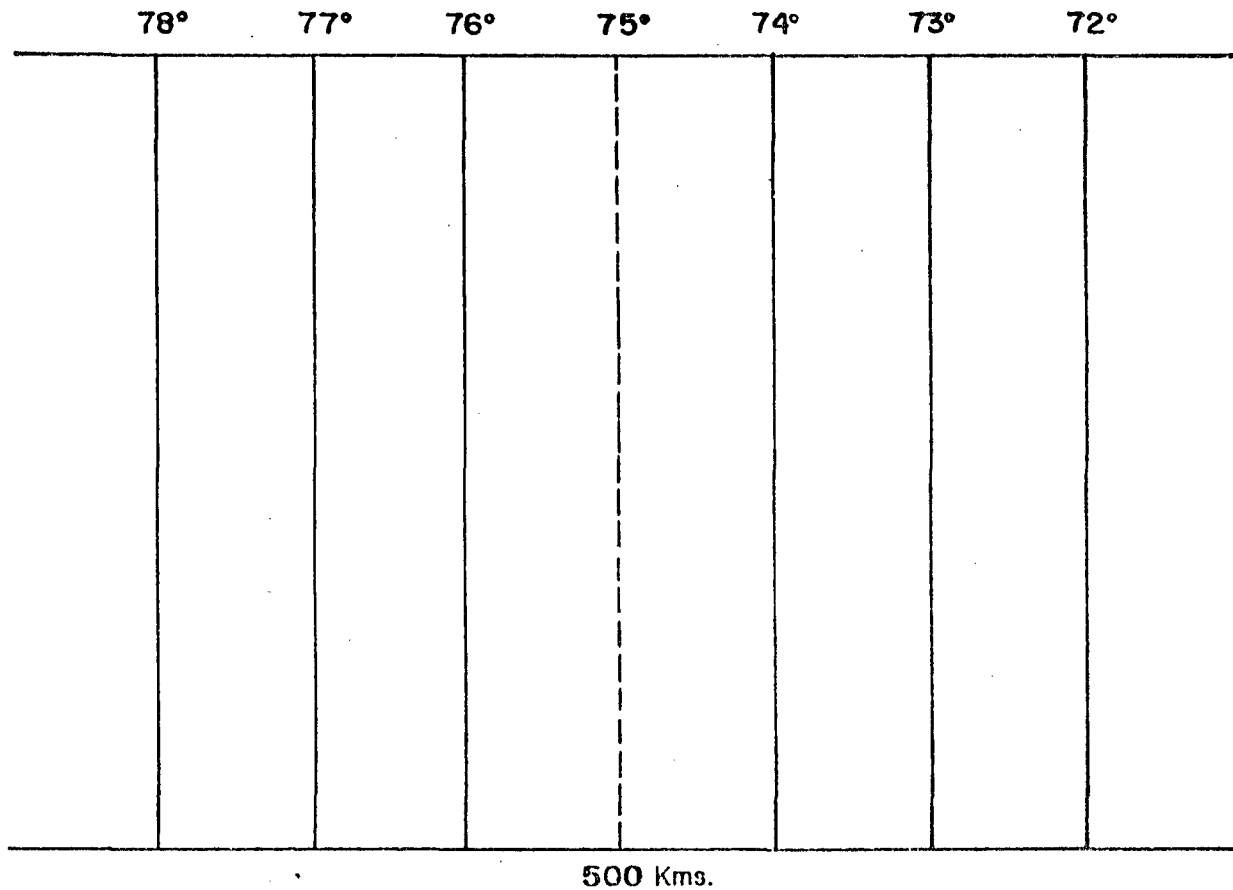
$1^{\circ} = 60 \text{ minutos} = 110.70 \text{ km.}$

FIGURA Nº 11-3a

ZONA UTM DESCRIPCION DEL CONTENIDO

ZONA 18

MC

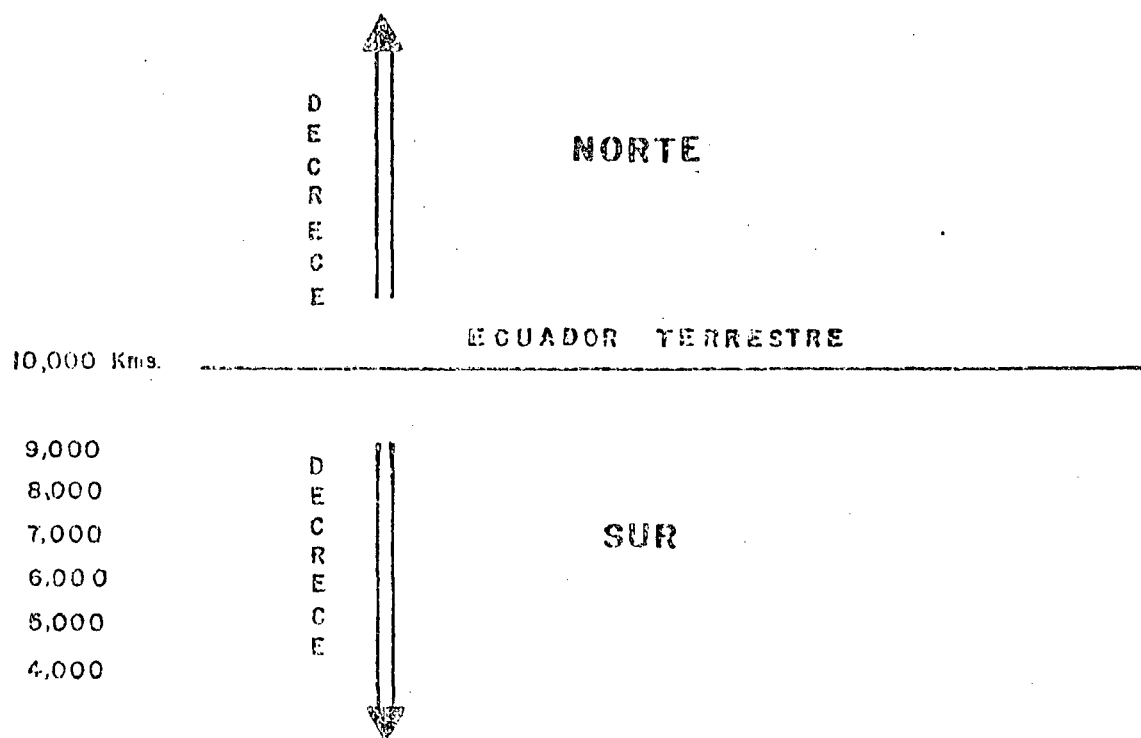


MC = Meridiano Central

500 Kms = Es una cifra arbitraria asignada al meridiano Central, en las Coordenadas UTM no hay cifras negativas

FIGURA Nº 11-3b

COORDENADA U.T.M. DESCRIPCION DE LA DISTANCIA
AL ECUADOR



NOTA : Al Ecuador Terrestre se le asigna arbitrariamente la cifra 10,000 Kilometros.

2.2.5 Documentos Cartográficos Disponibles para Uso Civil en el Perú

Los documentos cartográficos han evolucionado rápidamente en estos últimos años. De los mapas antiguos imprecisos y de escala muy variada captados solamente con la visual del hombre, se ha pasado a los mapas levantados con aerofotografías de alta precisión, pasando por los levantados con teodolito, plancheta.

Actualmente se tiene mapas y planos elaborados sobre la base de imágenes de satélites y automatizado en la mayoría de sus fases aunque con una resolución pobre, pero que cada vez se acercan al límite de la aerofotografía.

A continuación se hace un análisis de los documentos cartográficos disponibles, resaltando sus características técnicas y aplicación práctica.

1) La Fotografía Aérea

La base de toda explotación económica de un país son los mapas y los planos topográficos; en el levantamiento de estos mapas, se emplean con éxito la Fotogrametría

tría y la Aerofotografía que comparado con los antiguos sistemas clásicos terrestres de levantamiento ofrece tres ventajas esenciales: prontitud, economía y precisión.

La fotogrametría evita el alto costo del trabajo de campo, tanto en la densificación de puntos de control como la restitución de cartas a cualesquier escala con toda la información para resolver los numerosos y complejos problemas de ingeniería.

En muchos casos, el mayor costo inicial de un proyecto resulta compensado por la economía en tiempo, sobre todo en un país como el nuestro en que nos encontramos abocados en soluciones inmediatas para satisfacer las demandas de los diferentes sectores del país.

Mediante el uso de fotografías aéreas podemos observar, analizar y evaluar los diferentes elementos geográficos de la cobertura terrestre, empleando para ello los "pares estereoscópicos" que posibilitan la visión tridimensional (microrrelie-

ve) que nos permite reproducir en la mente los objetos naturales y artificiales en su situación original de la imagen fotografiada.

Las fotografías aéreas trabajan dentro del rango del espectro visible ($0.4\mu-0.7\mu$), teniendo un poder de resolución espacial de $5\mu-10\mu$, el cual se mide en "píxeles", que viene a ser la mínima información que contiene o que se observa en una fotografía.

Sea que la fotografía aérea se utilice para mediciones (información cuantitativa) y compilación de los mapas, cuya ciencia se denomina Fotogrametría; sea que se pretenda conocer la información cualitativa que nos brinda, entrando así al campo de la Fotointerpretación; o que la utilicemos para fines de ilustración y demostración de los problemas de ingeniería y sus posibles soluciones; las fotografías demuestran una utilidad que nos obligan a aceptarlas como un instrumento invaluable en nuestras diarias actividades técnicas.

Su empleo efectivo, sin embargo, no ha

venido sino a efectivizarse, luego de la creación de organizaciones gubernamentales que introdujeron en gran escala el empleo de las fotografías aéreas y sus productos: los índices, mosaicos, mapas y planos fotográficos.

2) Imágenes de Satélites

- a) Imágenes de Satélite LANDSAT.- Son imágenes fotográficas obtenidas a escala 1:250,000 por el satélite LANDSAT en blanco y negro y/o falso color, mediante el empleo de un sensor denominado explorador multiespectral (MSS) y/o mapeador temático (TM).

Esta serie de satélites, comienzan a partir de 1972 con la puesta en órbita del satélite denominado ERTS-1, hoy en día, más conocido como LANDSAT, ha estado orbitando la tierra a una altura promedio de 900 km., haciendo pasajes sobre el mismo lugar de la superficie terrestre cada 18 días, proporcionando información temática sobre el relieve terrestre

y cambios de los fenómenos que ocurren en forma continua debido a su repetitividad al pasar por el mismo lugar.

En este vehículo o plataforma espacial se tiene instalado un barredor multiespectral que registra la longitud e intensidad de la luz reflejada de los rasgos o cuerpos terrestres en unidades con una resolución aproximada de 80 x 80 mts. Esta información en 7 bandas del espectro electromagnético (0.3μ - 0.9μ), que ha servido para interpretar los usos de tierras actuales, se codifica en cintas magnéticas en el satélite LANDSAT y transmitida a estaciones receptoras en tierra en forma digital.

Así tenemos que los bosques de nuestra Amazonía, los pastos naturales y las áreas de cultivo en las bandas del infrarrojo cercano (0.7μ - 0.9μ) se muestran con gran realce.

Sensor M.S.S.- Denominado explorador multiespectral con un poder de resolución de 80 mts., ha permitido levantar el mapa planimétrico del Perú a escala 1:250,000 permitiendo una visión de conjunto. Su utilidad más importante, es que este mapa ha sido "construido" tomando varias imágenes de diferente época, tratando de obtener lo de mejor calidad, ello a su vez ha generado una cinta compatible con un computador que permite un tratamiento digital de la imagen, automatizando de esta manera los trabajos especializados.

Sensor T.M.- Es el mapeador temático, cuya característica principal es que tiene un poder de resolución de 30 mts., lo que le permite observar un área aproximada de 900 m², dando una precisión aceptable en la interpretación visual y/o automatizada. Actualmente se cuenta con imágenes LANDSAT-TM compiladas en 1990 a escala 1:100,000.

- b) Imágenes de Satélite SPOT.- El SPOT, es un satélite de origen francés, cuya característica principal es el de tener un poder de resolución de 10 m., es decir, "observa" un área de 100 m², lo que dará una visión casi similar a una aerofotografía. Su uso no está difundido en el Perú, además de tener un alto costo.

Las imágenes de satélites, solamente pueden ser utilizadas hoy en día por especialistas entrenados en percepción remota y fotointerpretación; abarcan áreas extensas de trabajo mostrando las que carecen de una buena cartografía o simplemente donde era inexistente.

3) Imágenes de Radar (Escala 1:100,000)

Son imágenes fotográficas obtenidas mediante el SLAR (Side-Looking Airborne Radar) o radar de visión lateral aerotransportado, es un sensor basado en el principio de la radio detección el cual permite localizar blancos u objetos empleando las medidas de la reflexión de radio frecuencias,

de ondas autogeneradas por el mismo sistema.

El SLAR produce imágenes del relieve terrestre, colocando un radar en un avión y emitiendo las ondas hacia un lado del mismo (lateral), las ondas al ser reflejadas permiten "observar" el relieve sin ser detenidas por las nubes, ni la cobertura vegetal; esta característica la hace muy deseable para la Selva Alta del Perú, donde nunca antes se habían tomado aerofotografías ni se había podido observar el relieve terrestre desde el aire, careciendo además de cartas nacionales.

La energía que transmite o emite el SLAR, es reflejada y dispersada en el objetivo y luego la antena receptora concentra las ondas reflejadas para su proceso y salida mediante un transformador de imagen.

Su uso está restringido a fotointérpretes y especialistas en la materia, además de tener un costo muy alto.

Utilización Práctica..- En la cartografía nacional, existe un gran vacío, que co-

rrresponde a la Selva Alta y Selva Baja, existen factores limitantes que no han permitido un levantamiento adecuado, la permanente nubosidad en algunas áreas, la exuberante vegetación que impide levantar bases topográficas o si se hacen son de un costo muy elevado.

El SLAR vino a solucionar en parte este problema aunque no es lo óptimo al menos permitió observar lo que existe en esta vasta región. Las mediciones no serán exactas, pero permiten organizar el sistema.

Es necesario hacer notar, que en éste, no existe planimetría, ni curvas a nivel y aunque en algunos puntos se ha colocado la altimetría, todo ello es solo referencia.

El cauce de los ríos se nota con alta precisión, pero no tienen una buena toponimia (nombres) que es una de las mayores limitaciones. Sin lugar a dudas es un excelente documento cartográfico sustitutorio de otro de alta definición.

Existen algunos levantamientos en la Ama-

zonía que no están disponibles para uso civil, son documentos reservados utilizados en la defensa nacional.

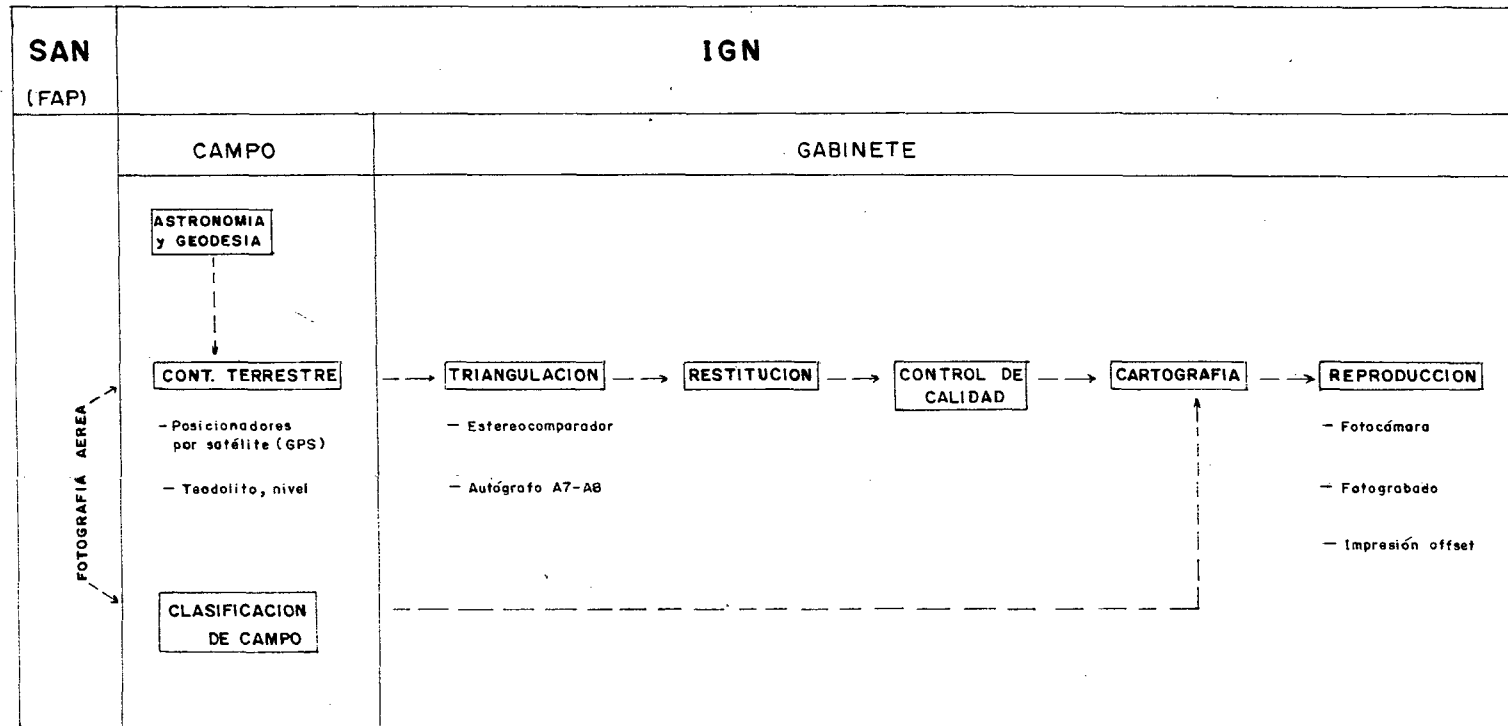
4) Carta Nacional a Escala 1:100,000

Es un documento cartográfico de precisión que muestra detalles hipsométricos (curvas a nivel) y planimétricos que existen sobre la superficie terrestre.

Es elaborado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), institución pública que pertenece al sector defensa, bajo procedimientos fotogramétricos de precisión, ello ha sido posible empleando aerofotografías de vuelo alto (1:60,000) tomadas para la totalidad de la costa, sierra y parcialmente la selva.

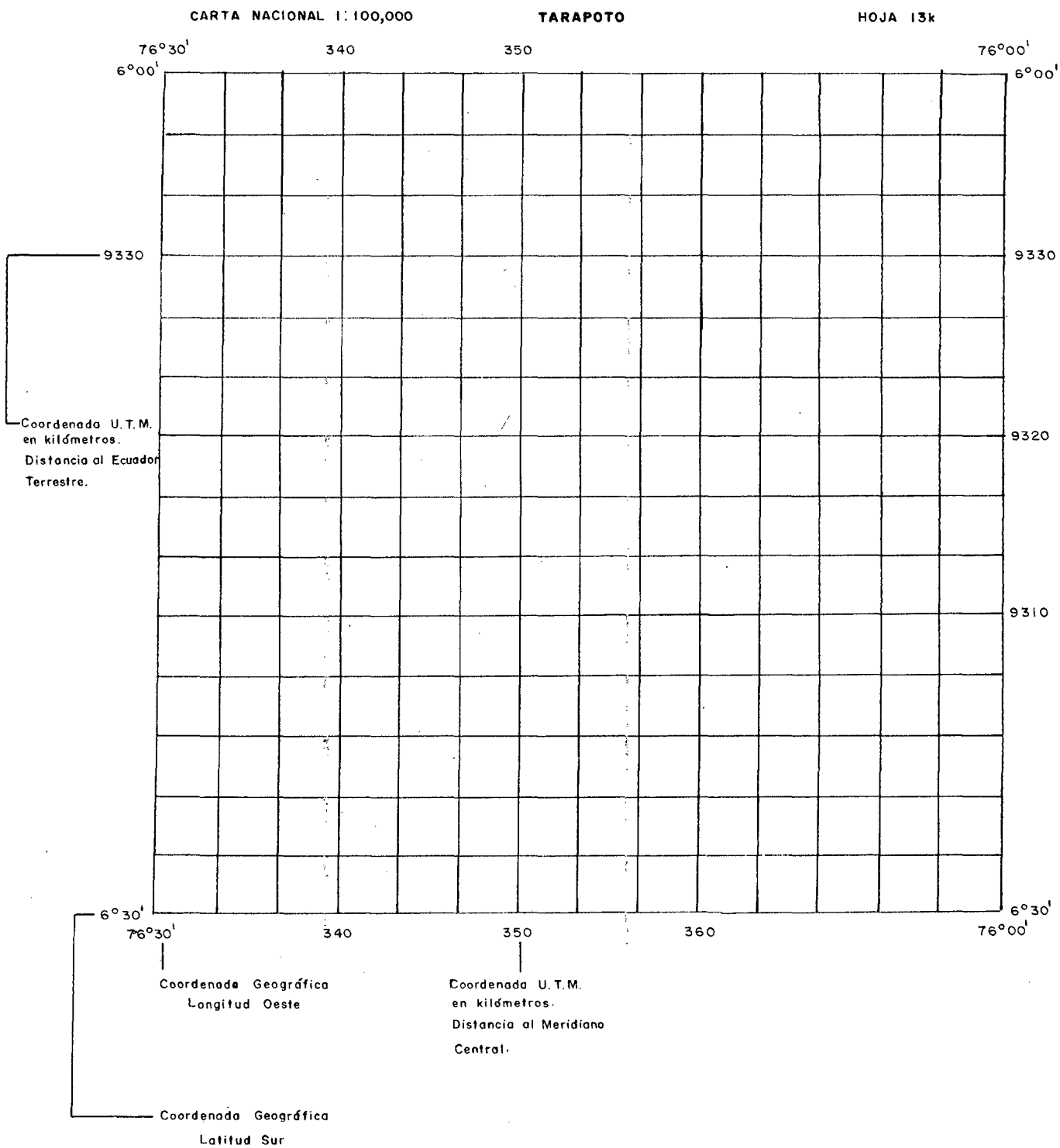
Las cartas a escala 1:100,000 se comenzaron a elaborar en 1958. Con anterioridad a esta fecha las cartas se levantaron a escala 1:200,000 y empleando el método de la plancheta, procedimiento lento pero preciso, un verdadero reto dada la topografía de nuestro país.

PROCESO GENERAL DE LA CONFECCION DE UNA CARTA



REPRESENTACION DE UNA CARTA NACIONAL A ESCALA
1:100,000 INDICANDO LAS PRINCIPALES COORDENADAS

CARTA DE TARAPOTO HOJA 13k



Los puntos representados están de acuerdo a la realidad, tanto en altimetría como planimetría.

Características Técnicas:

Levantamiento. Aerofotogramétrico

Escala. 1:100,000

Proyección. UTM

Equidistancia. 50 mts.

Cuadrillado Cada 4 kms.

Amplitud. 30' de longitud por 30' de latitud. Indica el área útil que abarca la carta, en kilómetros es de 55.55 por lado o lo que es igual a 3,086.41 km² ó 308,641 Has. aproximadamente.

Presentación. En una hoja.

Formato. La hoja mide 80 cm. de largo por 63 cm. de ancho.

Impresión. 5 colores.

Cota. Referida al nivel medio del mar.

Datum Horizontal. Provisional para América del Sur.

Numeración

- Correlativa.** Se encuentra en la parte superior de la hoja.
- Nombre.** Se encuentra en la parte superior y central de la hoja. Es el nombre de la ciudad más importante ubicada en la hoja.

Escala

- Gráfica.** Se encuentra en la parte inferior y central de la hoja.

Diagrama de

- Ubicación.** Se encuentra en un recuadro en la parte inferior derecha.

Coordenadas

- Geográficas.** Están representadas en cada esquina de la hoja. Amplitud 30'.

Coordenadas

- UTM** Se dan cada 4 km y corresponde al cuadrillado de la hoja, para el caso de cada zona el color es diferente:
- Zona 17, azul
- Zona 18, sepia
- Zona 19, azul.

Utilización Práctica.- Las cartas nacionales (1:100,000) no cubren por ahora todo el territorio nacional, sino la costa completamente, la sierra en gran parte, la selva alta y selva baja no existe esta cartografía. A la fecha se han impreso solamente 198 cartas nacionales. En el Gráfico Nº 3 se encuentra achurada la parte de hojas existentes.

Las Cartas nacionales tienen muy bien precisado los accidentes naturales como los ríos, quebradas, cerros; la toponimia es adecuada donde figuran los principales nombres de ciudades y accidentes naturales. La altimetría y planimetría es óptima.

La carta nacional no tiene límites de departamentos, provincias, distritos políticos; no precisa el área de cultivo, la información que proporciona es relativa, no debe ser tomada en cuenta como superficie agrícola.

5) Planos Topográficos Restituídos a Escala 1:25.000

Los planos topográficos restituidos, son el producto inicial de las aerofotografías que sirven para hacer las cartas nacionales a

escala 1:100,000. Las aerofotografías que tienen una escala de 1:60,000 aproximadamente, sirven para hacer planos a escala 1:25,000; estos planos se unen y permiten elaborar las cartas.

Para representar la misma área de la carta nacional a escala 1:100,000 se necesitan 16 planos a escala 1:25,000.

6) Planos Catastrales a Escala 1:10,000

Son elaborados empleando métodos fotogramétricos con fines exclusivos de catastro, mostrando las unidades catastrales y la superficie agrícola.

7) Mapas del Perú

Existen varios mapas del Perú. Explicamos los más importantes:

Mapa Físico Político (1:1'000,000). Elaborado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN). Contiene los límites de los departamentos y provincias políticas, además de las cotas más importantes cada 500 mts., permitiendo precisar las regiones naturales: Costa, Sierra y Selva.

Ha sido confeccionado parcialmente con los métodos fotogramétricos, empleando métodos estimativos para la selva alta y baja. Este mapa es el más importante.

Mapa Vial (1:2'200,000).- Permite visualizar la red vial, carreteras existentes en el país.

Mapa Ecológico del Perú (1:1'000,000).- Es un mapa temático que permite visualizar los pisos ecológicos del Perú de acuerdo a las normas internacionales de elaboración.

Mapas Departamentales.- Permiten visualizar un departamento en su conjunto. La escala es variable, debido a que se ha adaptado a un tamaño de 78 cm. x 56 cm., mostrando los límites provinciales.

2.2.6 Disponibilidad de los Documentos Cartográficos

Las aerofotografías, se obtienen en el Servicio Aerofotográfico Nacional (SAN)-Dirección General de Aerofotografía de la FAP, que realiza la ejecución del plan de vuelo.

Las cartas nacionales, los mapas departamentales, el mapa del Perú y las imágenes compila-

das de satélite LANDSAT con el sensor MSS, el SLAR, fotografías aéreas, vértices geodésicos o puntos de control de primer y segundo orden y todos los B.M. de posición vertical referidos al nivel del mar, mediante la determinación del nivel medio del mar, utilizando mareógrafos; se hallan en el Instituto Geográfico Nacional (IGN).

Los planos topográficos y catastrales a escala 1:25,000 se hallan en la Oficina de Catastro Rural del Ministerio de Agricultura.

El mapa planimétrico 1:250,000 lo vende la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN) actualmente INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales).

Las imágenes de satélite LANDSAT, solamente pueden ser adquiridos en la NASA (USA) y/o en Brasil, donde tienen un listado de todas las imágenes disponibles para el Perú. Las imágenes SPOT de origen francés, solamente se pueden adquirir directamente en Francia.

Todos estos datos están a disposición de las entidades estatales, personas naturales y jurídicas que realizan actividades técnicas.

2.3 ETAPAS PARA EL DESARROLLO DE UN PROYECTO AEROFOTOGRAFICO.

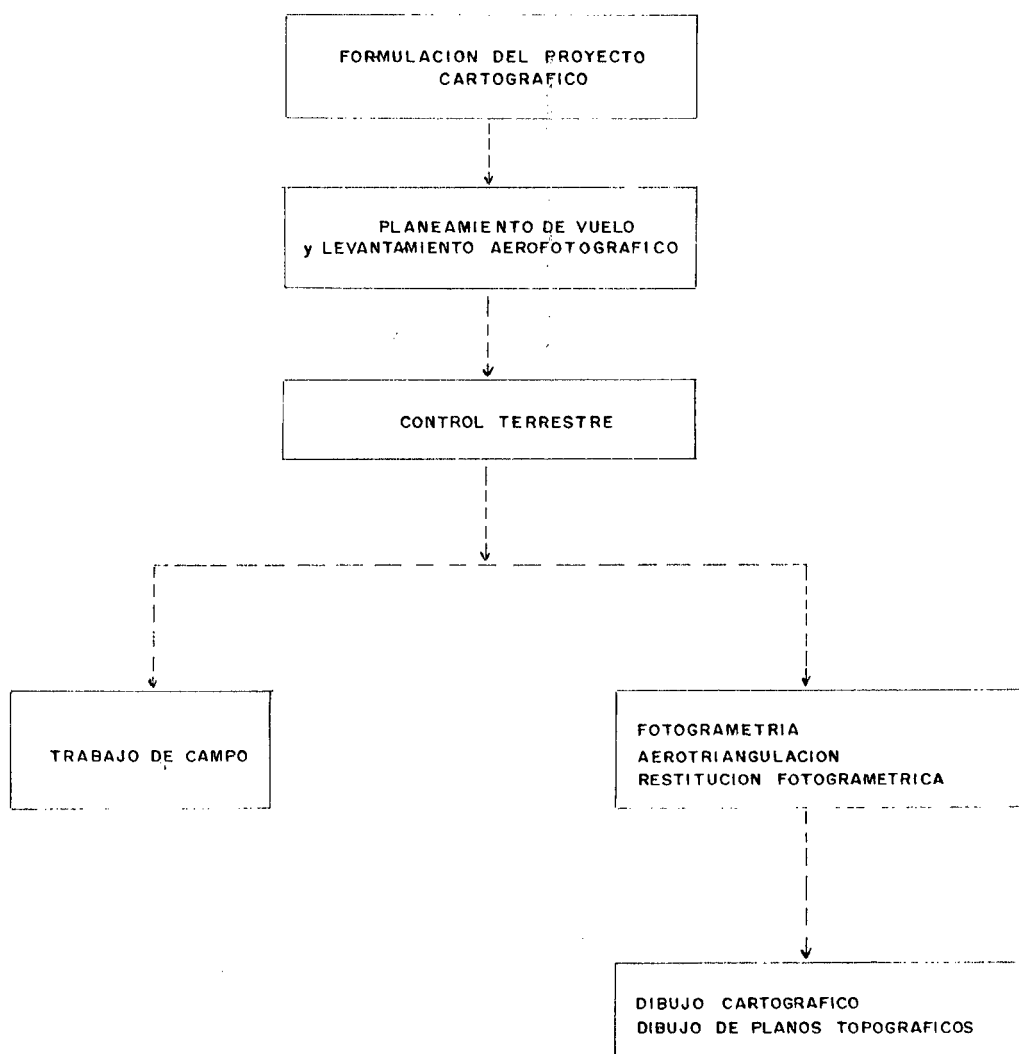
En los últimos años, debido al desarrollo tecnológico de instrumentos y equipos electrónico-computarizados de alta precisión, ha habido una rápida evolución en el uso de la fotografía aérea relacionado al estudio y diseño de obras civiles, especialmente con el trabajo en carreteras. Pero su desarrollo no se limita a estos campos, sino que su técnica ha llegado a convertirse en un elemento indispensable en la predicción y solución de problemas de ingeniería.

Se emplea la foto aérea para operaciones de reconocimiento, estudios y diseño en proyectos de tal magnitud como la ubicación de enormes represas; ubicación de rutas para carreteras, pistas para aeropuertos, canales de irrigación y nuevos desarrollos urbanos; ubicación de fuentes de aguas superficiales; localización de canteras de materiales de construcción; inventario y evaluación de recursos naturales y uso de la tierra; además en muchísimos proyectos básicos de pequeña, mediana y gran envergadura relacionados exclusivamente con la investigación.

En el campo de la ingeniería, el incremento del uso de la fotogrametría y de la fotointerpretación para propósitos civiles, se ve estimulado con las notorias economías que

DIAGRAMA DE FLUJO

- PROYECTO AEROFOTOGRAFICO -



ofrece esta técnica, cuando se le compara con los métodos terrestres convencionales en grandes proyectos.

Los levantamientos aerofotogramétricos, tienen como objetivo principal la elaboración de planos con mayor precisión y homogeneidad sobre la base de fotografías aéreas, permitiéndonos el acceso a terrenos difíciles y la posibilidad del trazado de líneas continuas sin interpolación, debido a que las fotografías aéreas nos dan vistas en perspectiva del terreno.

Para desarrollar las etapas del proyecto aerofotogramétrico, se ha diseñado el diagrama de flujo, que visualiza las actividades que a continuación se describen brevemente:

2.3.1 Formulación del Proyecto o Inicio de la Actividad Cartográfica.

Antes de preparar un programa de estudios aéreos deben tomarse en cuenta factores como el geográfico, físico, técnico y económico. Se debe conocer el uso final o el objetivo para la formulación del proyecto, considerando la zona de trabajo, ubicación y área para levantar.

Se deben investigar levantamientos cercanos

para eliminar las pequeñas lagunas estereoscópicas entre un estudio y otro, que serían costosos añadir después y/o prevenir duplicaciones.

Es un esfuerzo coordinado donde se evalúa la disponibilidad de datos y materiales existentes con relación a las consideraciones cartográficas, geodésicas y fotogramétricas referentes al proyecto.

Estos factores ayudan a determinar los límites del estudio, la escala de las fotografías, la distribución y uso del equipo fotográfico (cámara fotográfica y distancia focal del lente), para hacer la programación y el planeamiento de vuelo a requerir.

2.3.2 Planeamiento de Vuelo y Levantamiento Aerofotográfico

El objetivo del vuelo fotogramétrico, es sobrevolar la zona a trabajar, a una altura y velocidad constante describiendo una serie de trayectorias paralelas entre sí llamadas pasadas, líneas de vuelo o fajas.

Antes de empezar a planear los vuelos aerofotográficos, se han de considerar ciertos datos para formar una base para el cálculo, solicitando el levantamiento aerofotográfico (ejecución del vuelo) al Servicio Aerofotográfico Nacional (SAN).

El vuelo fotográfico, comprende el recubrimiento de la zona mediante fotografías aéreas a escala requerida, de acuerdo a especificaciones técnicas, compatibles con la fotografía del área a levantar, la escala del plano por obtener y la finalidad del uso de las fotografías y diapositivas.

Cada plan de vuelo tiene que contar con un diagrama de vuelo el cual es un calco basado en el mapa o carta, mostrando la posición de cada faja, el rumbo de vuelo, la distancia entre las fajas, etc.

La planeación económica requiere un estudio cuidadoso de los factores que afectan la misión fotográfica:

Tipo de Avión.- Que debe ser apropiado para el trabajo, capaz de desarrollar la velocidad

requerida, tener buena estabilidad de vuelo y poder volar hasta las máximas alturas especificadas.

La calidad del piloto se ve reflejada en la precisión de las tomas de las fajas de vuelo, que tienen que ser paralelas en su línea de vuelo con una distribución tal que la distancia entre puntos principales consecutivos asegure un traslape longitudinal prefijado, de igual manera tener el traslape lateral necesario y efectuar el vuelo a un nivel constante; siendo común que los aviones vuelen de 300 a 400 kph.

Existen aviones turbohélice de vuelo bajo y los últimos jet de turbina de diversas velocidades.

Cámaras Aerofotogramétricas y Lentes.- Es sabido que el conocimiento de las fotografías aéreas y sus usos, nos lleva a la necesidad de tener una idea de las cámaras aéreas.

Se llama cámara aérea, porque es trasladada por un avión y métrica, porque se puede fácilmente determinar con precisión sus elementos internos como son: punto principal y la distorsión del objetivo.

Se especifican cámaras métricas, tales como la RC-10, la RC-10A o el modelo suizo RC-20 (año 92-electrónica).

La mayoría de los instrumentos estereoscópicos de trazo requieren estudios tomados con cámaras montadas verticalmente, que exponen un área de 23 x 23 cm. (9 x 9 pulg.), equipadas con lentes de distancia focal de 15.24 cm. (6 pulg.); que tienen la ventaja de producir una exagerada sensación de tercera dimensión facilitando los estudios cuantitativos. Otros instrumentos de trazado requieren lentes con distancia focal más larga de 20.95 cm. (8¼ pulg.), que son útiles para usarse en estudios de interpretación fotográfica.

También se pueden montar múltiples cámaras con los ejes de los lentes inclinados hacia la superficie de la tierra para obtener fotografías oblicuas desde puntos opuestos o convergentes. Sin embargo, una fotografía aérea vertical es la mejor base para la elaboración de mapas y la fotointerpretación.

En la práctica, la cámara nunca está en posición exactamente vertical ya que el avión ca-

becea o se inclina lateralmente (alabeo); la posición de la cámara con respecto al terreno tampoco es la deseada por la deriva (desviación del avión por efectos del viento). La cámara se desplaza con respecto al terreno debido al movimiento del avión produciendo una pequeña deformación del punto proyectado.

Se debe incorporar en el plano de la película marcas de colimación o de referencia, y sujetarlas al cono interior de la cámara para que los negativos reproduzcan estas marcas en cada exposición. Las líneas que unen lados opuestos de los dos pares de marcas se intersectarán en el centro óptico (punto principal de la exposición).

El sistema de vacío que es el método más utilizado en cámaras métricas para la sujeción de la película en la posición plana, puede no funcionar correctamente produciendo imágenes deficientes debido a ondulaciones de la película.

Actualmente, la RC-20, entre otros elementos posee lentes que llevan filtros para eliminar las brumas o nubosidad, permite controlar las deformaciones geométricas de las fotografías

aéreas corrigiendo la escala para obtener una imagen de óptima calidad tanto cualitativa como cuantitativamente y pueda ser empleada extensamente; incluye además, mayor información marginal como coordenadas geográficas.

Películas.- Las normas especifican una película pancromática de grano fino y alta velocidad. Este tipo de película da una buena escala de densidades desde el negro hasta el blanco en todos los colores. La película pancromática es empleada en la mayoría de los estudios debido a su adaptabilidad general y a su bajo costo.

La fotografía aérea a color está especialmente limitada debido a las dificultades de procesamiento. El costo es considerablemente mayor que el costo de fotografías en blanco y negro.

Sin embargo, la fotografía a color ha mejorado la exactitud de ciertos tipos de interpretación fotográfica, especialmente en las investigaciones militares, geológicas y los estudios sobre inventario forestal.

En forma similar, la fotografía aérea mediante luz infrarroja es limitada, pero es sensible a

una porción del espectro infrarrojo, que no es visible por el ojo humano. Puesto que la película es también sensible a una parte del espectro visible, una buena fotografía infrarroja se obtiene mediante la exposición de la película a un filtro de una fuerte tonalidad de rojo que permite percibir solamente los rayos infrarrojos, mostrando así una distorsión de los valores de la densidad de los diferentes tonos de colores reflejados.

Por ejemplo, el follaje verde de plantas caducas aparece con un tono muy claro, como si estuviese cubierto por una fuerte escarcha. Las diferencias entre los tonos de ciertas especies de árboles y de la vegetación son más pronunciadas. Las aguas superficiales aparecen negras. Su uso principalmente es para distinguir las diferentes especies de árboles.

Altura de Vuelo y Escala de los Negativos.- La precisa medición de la altura del avión es de mucha importancia. Se utiliza para ello un altímetro que trabaja sobre el principio de un barómetro aneroide, corrigiendo las lecturas por temperatura y por variaciones de la presión barométrica.

La altura de vuelo está determinada por la escala de las fotografías o por la precisión de los instrumentos de restitución. Sin embargo, la calidad de la imagen es proporcional a la escala.

Las especificaciones requieren que las alturas de vuelo no excedan en $\pm 5\%$ de los valores especificados. En áreas planas, generalmente la escala de las fotografías aéreas (F.A.) variará en $\pm 3\%$ pero casi nunca se apartará en más de un 5% de la escala real. En las regiones montañosas, la escala puede variar desde más 10% hasta menos 20% de la escala real especificada.

Dichas fluctuaciones se deben primordialmente a las variaciones en la elevación del suelo a lo largo de la faja del vuelo. Un terreno más alto, que está más cerca de la cámara fotográfica, produce negativos con una escala mayor. También produce menos traslape o recubrimiento tanto longitudinal (entre las exposiciones) como transversal o lateral (entre las líneas de vuelo).

A la inversa, terrenos más bajos producen negativos a una escala menor pero mayor traslape.

En algunas áreas, la altura de vuelo debe aumentarse para mantener un traslape lateral satisfactorio sobre las elevaciones máximas. Esta acción hace decrecer la escala media de vuelo y, desafortunadamente, produce escalas aún menores a través de las áreas más bajas.

Traslape Longitudinal.- Se efectúa con el objeto de realizar el examen estereoscópico y eliminar deformaciones de bordes.

Las exposiciones se hacen con intervalos que dan por resultado un traslape medio de 60% con la fotografía que precede en el vuelo. Se especifica un mínimo de 55% y un máximo de 65% de traslape.

Un traslape de 60% da una cobertura sistemática que es adecuada para la vista estereoscópica de cualquier punto. Un traslape mayor que el necesario aumenta el requisito del número de exposiciones y por lo tanto aumenta el costo. Un promedio de traslape inferior a 60% aumenta la posibilidad de lagunas estereoscópicas, que causan una pérdida en las vistas estereoscópicas de las áreas, anulando el valor del estudio.

Cuando se interrumpe el vuelo, es necesario volver a efectuarlo, y debe cubrir por lo menos un 100% de traslape de las exposiciones finales al interrumpirse el vuelo para asegurar así la presencia de pares estereoscópicos en el área de la interrupción.

Traslape Transversal (lateral).— Se realiza con el objeto de ubicar los puntos de enlace o de control que sirven de amarre entre las fajas.

La dirección de las líneas de vuelo va de norte a sur, a no ser que hayan condiciones especiales que requieran que la orientación de los vuelos se dirija en otra dirección. Algunos vuelos se planean de oriente a poniente para guardar paralelismo con las mayores elevaciones del suelo, ya que los vuelos que van paralelos a la dirección del contorno dan por resultado una escala más uniforme en todas las exposiciones.

También se hacen vuelos de oriente a poniente para que sean paralelos a la dimensión más larga de un área de vuelo y que así se reduzca el número de vuelos.

Generalmente se requiere que las líneas de vuelo sean continuas a lo largo del área por fotografiar. Se permiten interrupciones de las líneas de vuelo cuando las nubes, un traslape insuficiente, o algunas otras condiciones requieran que se vuelva a volar sobre algún sector de la línea de vuelo.

El traslape lateral mínimo y máximo se especifican en 15% y 45% respectivamente, permitiéndose alguna desviación de estos valores; por ejemplo, dentro de un área en que existan grandes variaciones en la elevación.

También se especifican las distancias entre las líneas de vuelo y su localización. Las distancias entre las líneas de vuelo y la combinación de la cámara fotográfica y el lente establecen aproximadamente un traslape lateral de 30% entre vuelos.

Además, la ubicación de sitios que presentan un interés especial, con una planeación adecuada, pueden caber en su totalidad dentro de una sola fotografía o dentro de una sola línea de vuelo. Para uso general de fotografías a una escala de 1:20,000 las líneas de vuelo están espaciadas a

intervalos de 3.2 kms. aproximadamente.

Estado del Tiempo.- Las condiciones favorables de las estaciones, tienen una influencia directa sobre el costo de los levantamientos. Por lo tanto, es necesario considerar las características atmosféricas y climatológicas de la región como el número probable de días adecuados para tomar fotografías en cada mes y para cada área que se va a reconocer, considerándose como ideal aquel día en que la atmósfera se encuentra libre de nubes, humo o neblina; la velocidad del viento y la turbulencia del aire sean mínimas.

Para proyectos de carreteras, el día adecuado para tomar fotografías es aquel en que no hay más del 10% de nubes cubriendo el área; para catastro cero por ciento de nubes.

Se deben considerar factores tales como la latitud geográfica y la altura solar, es decir el ángulo exacto en que se encuentra el sol con respecto a nuestra posición, para reducir o eliminar las sombras que sean perjudiciales en áreas o regiones escabrosas debido a que anula la información.

Pero en las zonas de poco relieve o en algunos estudios especiales de áreas forestales, que sólo muestran pequeñas diferencias de tono, la posición del sol puede emplearse para subrayar la forma de la tierra introduciéndole sombras. Generalmente, las fotografías solamente se toman durante aquella parte del día en que el sol ha estado arriba del horizonte durante 4 horas o más.

La Distribución y Uso del Equipo Fotográfico.-

Es otro factor importante, dependiendo del operador. Se deberán evitar los errores especialmente en el intervalo de disparo entre fotografías, ya que cualquier error que se presenta, sólo podrá ser observado al retornar a la base de operaciones, siendo allí prácticamente imposible corregirlo. Esto obliga a realizar otra misión de vuelo, el cual implica un aumento en el costo del proyecto.

Todo el que se sirve de las F.A. experimenta el deseo a la vista de un vuelo existente, de solicitar, un vuelo más reciente o a mayor escala. La decisión de realizar una nueva cobertura fotográfica está condicionada en último extremo por consideraciones de tipo económico.

El precio de los vuelos fotográficos depende de la escala de las fotografías, del recubrimiento y de la importancia de la zona cubierta.

2.3.3 Control Terrestre

a) Definición.

Control terrestre, es el apoyo usado en la cartografía para establecer la posición de puntos identificados en el terreno. Se utiliza en cualquier tipo de levantamiento.

Normalmente:

- Está destinado a una aerotriangulación, restitución inmediata, o una triangulación radial mecánica.
- Es solicitado sobre F.A.
- Es complementado por una clasificación de campo.

El control terrestre comprende un conjunto de operaciones, que permiten la ma-

terialización de puntos in situ, calculando sus valores de posición y elevación partiendo de la Red Geodésica Nacional y de la combinación de observaciones angulares y mediciones de distancia.

Los puntos de control se plotearán en la zona de triple superposición para luego ser usados en el proceso de aerotriangulación.

b) Control Horizontal y Control Vertical.

Los levantamientos de control se clasifican en planimétricos y altimétricos, adoptándose los siguientes métodos:

1. Planimétrico (Horizontal)

- Poligonación
- Trilateración
- Triangulación
- Rastreamiento Satelitario (*)

(*) En la actualidad es un método planialtimétrico, dependiendo del tipo de control.

2. Altimétrico (Vertical)

- Nivelación Trigonométrica.
- Nivelación Geodésica o Geométrica.
- Nivelación Barométrica.

Los métodos básicos para establecer el control planimétrico y altimétrico, son ampliamente conocidos, el problema radica en la forma como lograr el mejor uso de ellos.

La práctica nos conduce a inclinarnos por el empleo de la triangulación reforzada con medición de distancia y la poligonación, así como el uso adecuado de la nivelación geodésica.

La red de puntos que se establezca debe vincularse al control geodésico nacional determinado por el IGN, aún cuando ésta fuese ajustada independientemente.

c) Definiciones Fundamentales

Topografía.— Ciencia que nos enseña a efectuar mediciones entre puntos de la superficie terrestre, sobre o debajo de ella relacionándolos entre sí y representándolos gráficamente en un papel.

Considera la superficie de la tierra como plana, despreciando la forma realmente curva de la misma, motivo por el cual es aplicable a extensiones pequeñas en un área máxima aproximada de 625 km² o sea 25 km. de longitud por lado, tomando para este efecto un cuadrado como referencia.

Geodesia.— Ciencia matemática afín a la topografía, cuyo objeto es determinar la figura y magnitud del globo terrestre o de una parte de él, tomando en cuenta para las mediciones la curvatura terrestre. Es aplicable a grandes extensiones superficiales y está determinada por la forma teórica de la tierra (geoide).

Astronomía.— Es la segunda ciencia afín a la topografía porque permite relacionar

puntos situados sobre la superficie de la tierra, que en general adopta la forma de una esfera, con la posición de los planetas del universo.

La astronomía, es la ciencia que estudia los principios y reglas que rigen el movimiento de los astros y estrellas de la esfera celeste con relación a la posición de nuestro planeta.

La Geodesia es función de la Astronomía y ambos están relacionados por las componentes del "desvío de la vertical". (Fig. II-4a)

Geoide.— Es la superficie mecánica de la tierra, por ser la que transforma de rugosa a lisa su superficie, eliminando todas las irregularidades de la superficie terrestre hasta igualarlo al nivel medio del mar, obtendremos una superficie imaginaria esferoidal cuyos elementos son normales a la dirección de la gravedad.

Si lo dividiéramos en dos, la sección de corte no es un círculo, ni una elipse,

tampoco ninguna figura de fórmula matemática conocida, es simplemente una figura achatada en los polos y prominente en el Ecuador; por lo tanto, no está geométricamente definida.

Elipsoide de Revolución.- Es la figura geométrica que más se asemeja a la forma real de la tierra después del geoide que por no contar con fórmulas matemáticas reales se descarta.

El elipsoide de revolución, es el sólido que se obtiene al hacer girar una elipse alrededor de su eje vertical. Es el modelo matemático que se utiliza para la representación de la cartografía. (Ver Fig. II-4b)

Levantamientos.- Es el conjunto de operaciones que nos permiten determinar distancias horizontales y verticales entre diversos objetos, así como ángulos entre alineaciones y sobre la base de éstos representar en un dibujo las características del terreno y confeccionar los mapas correspondientes.

FIGURA Nº 11-4

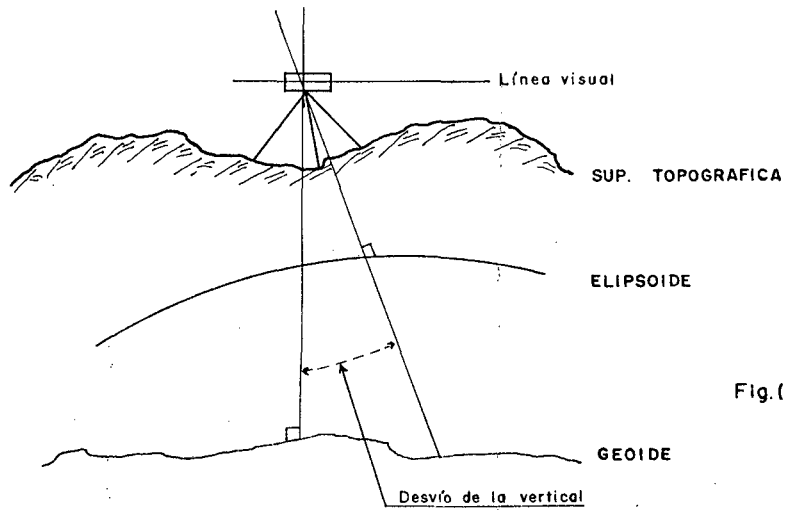


Fig. (a)

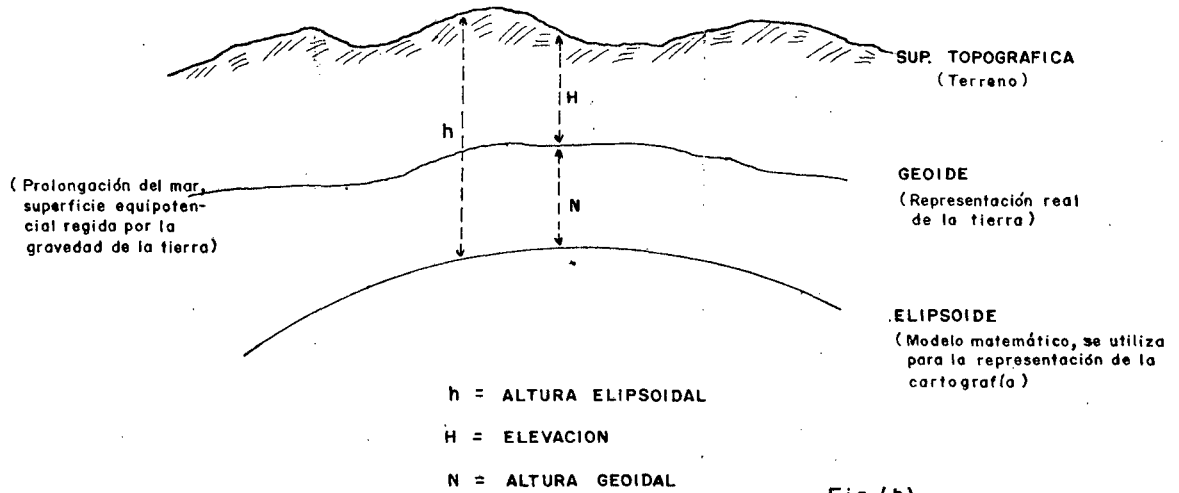


Fig. (b)

- El control horizontal (latitud, longitud), está referido al elipsoide.
- La nivelación o control altimétrico, está referido al geoide.
(cota absoluta - m.s.n.m.).

Métodos Terrestres:

Levantamientos Topográficos.- Consisten en una serie de operaciones de campo y gabinete permitiéndonos representar en un papel los accidentes naturales y artificiales del terreno proyectados sobre un plano horizontal o vertical a una escala conveniente.

En cuanto a las distancias horizontales y a las orientaciones por no considerarse la curvatura terrestre las líneas de nivel se consideran como rectas, y la dirección de la plomada en un punto cualquiera de levantamiento se supone paralela a su dirección en los demás puntos de aquel, tomándose todos los ángulos sobre el terreno como ángulos planos.

Levantamientos Geodésicos.- Son levantamientos de gran precisión y que toman en cuenta la verdadera forma, tamaño y masa de la tierra. Necesariamente debe involucrarse la curvatura terrestre y la verdadera dirección de la gravedad.

Métodos Aéreos:

Levantamientos Fotogramétricos.- Son levantamientos que se hacen con ayuda de fotografías aéreas para grandes extensiones de terreno; se está generalizando este tipo de trabajo debido a las grandes ventajas que aporta.

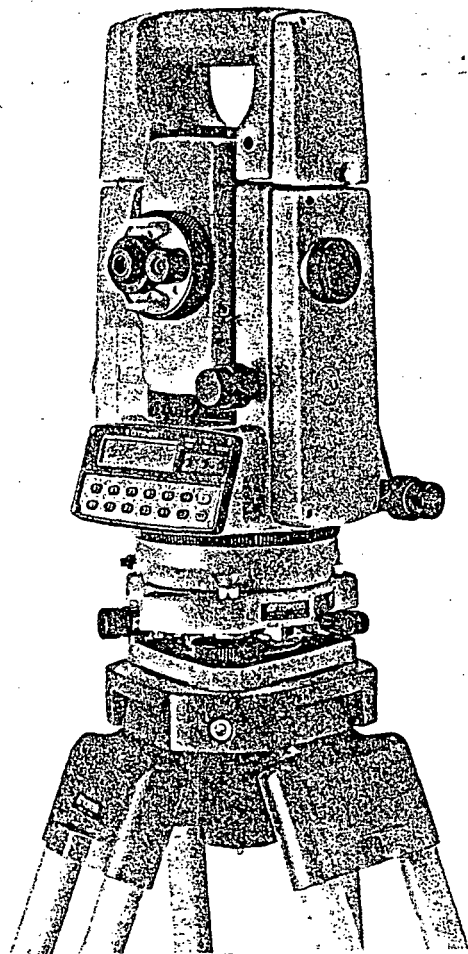
Replanteos Topográficos.- Serie de operaciones de campo y gabinete que nos permiten llevar al terreno características representadas en el papel.

d) **Equipo Topográfico y Geodésico**

- Equipos de medición de distancia
- Equipos de medición de ángulos
- Equipos rastreadores de satélite.

EQUIPOS DIVERSOS UTILIZADOS EN EL CONTROL TERRESTRE

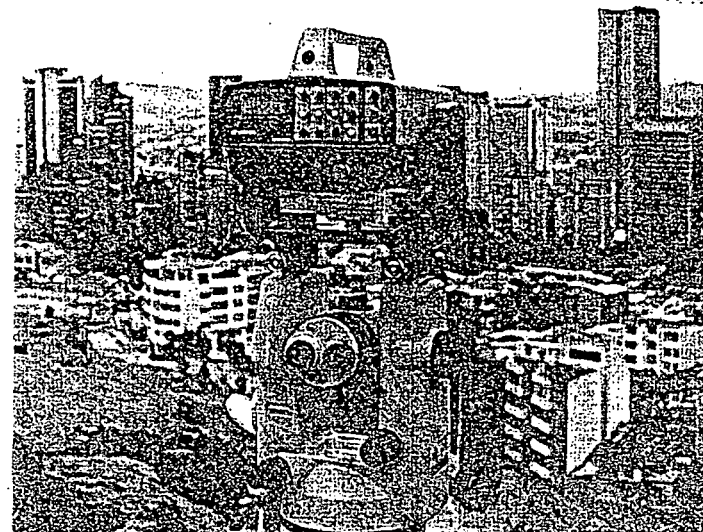
TEODOLITO GTS-2R



TEODOLITO DIGITAL ELECTRONICO
DT-05A

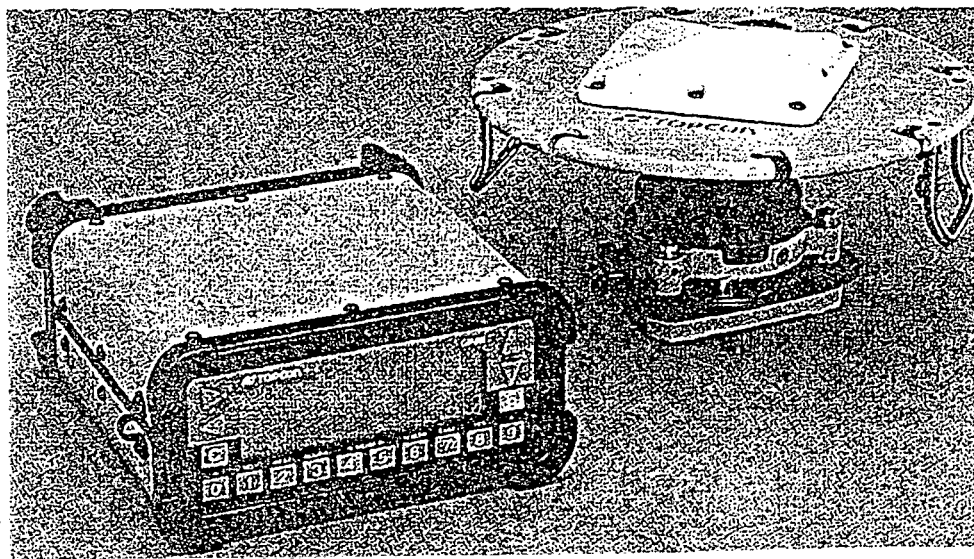


ESTACION ELECTRONICA TOTAL



* Teodolito electrónico ETL-1 + Distanciómetro topcon DM-S3L

GPS: RECEPTOR GEODESICO SATELITAL Topcon GP-R1



Método Especial de Medición.

Control Horizontal y Vertical por Aerotriangulación para Mapas en gran escala usando GPS.

Por varios años, el Sistema de Posicionamiento Global GPS (por sus iniciales en inglés) ha sido usado para el desarrollo de controles geodésicos. Con la introducción al comercio de los receptores GPS, éstos han recibido una creciente acogida para proveer sistemas de referencia para sistemas de información terrestre y geográficos. Más recientemente, el GPS ha sido utilizado para proyectos de ingeniería.

La mayoría de estas aplicaciones han sido para proyectos que cubren áreas, donde la topografía y el costo de elaboración de mapas son una pequeña fracción del costo total del proyecto.

Una de las frecuentes aplicaciones del GPS es el establecimiento de puntos de control horizontal y vertical para la aerotriangu-

lación analítica.

GPS para topografía por satélite es un sistema de medición tridimensional basado en observaciones de señales de radio emitidas por el sistema NAVSTAR GPS del Departamento de Defensa de los Estados Unidos. Las observaciones son procesadas para determinar la posición de las estaciones en un sistema de coordenadas cartesianas (X,Y,Z) geocéntrico, el cual puede ser convertido a coordenadas geodésicas (latitud, longitud, altura) sobre el elipsoide de referencia.

El sistema de coordenadas de los satélites es el sistema Geodésico Mundial de 1984 (WGS 84), el cual es el mismo Datum Norteamericano de 1983 (Nad 83). Con las relaciones adecuadas del geoide, las alturas sobre el nivel del mar pueden calcularse sobre puntos con elevaciones desconocidas.

Actualmente se cuenta con 18 satélites operacionales, 6 satélites del bloque I en dos planos orbitales, cada uno inclinado

63° respecto al Ecuador y 12 satélites del bloque II en órbitas casi circulares, e inclinadas 55° respecto al Ecuador. Todos a una altura aproximada de 20,000 km. y en períodos orbitales de 12 horas.

El número total de satélites planeado es 24 y permitirá observaciones continuas 24 horas al día.

Para realizar mediciones tridimensionales, deben haber mínimo 4 satélites visibles (3 satélites trabajarán solo para control horizontal).

Aunque la topografía con GPS no está en el nivel del conocimiento popular, ya se encuentra fuera de las manos de universidades y experimentadores y se ha convertido en una herramienta más de trabajo, para muchos topógrafos.

Si bien es cierto, la palabra GPS es un boom actualmente, no todos entienden como operar el GPS para Topografía; tiene dos importantes aplicaciones:

- a. Posicionamiento Relativo.- Para esta aplicación, por lo menos se necesitan dos receptores GPS. Uno de ellos es colocado en una estación Topográfica Geodésica Nacional conocida como punto de control y el otro u otros en estaciones desconocidas. Todos los receptores observarán los mismos satélites en el mismo período de tiempo (para obtener una precisión de 1:100,000 mínimo 45 minutos).

Usando los datos: latitud, longitud y altura de cada estación desconocida, la distancia entre cada estación y el azimut de cada línea, puede ser determinada.

- b. Medición de Distancia.- El GPS provee un excelente sistema para medir distancias. Dos receptores colocados sobre puntos (uno conocido o ambos desconocidos), observando los mismos satélites en el mismo instante, deberán dar la medida precisa de la distancia, sin importar la topografía del terreno ni la separación entre

estaciones.

Otro de los usos del GPS, es la determinación del azimut. Muchos usuarios GPS, dicen poder realizar observaciones de la estrella polar a un costo más bajo, a menos que tengan que esperar días por problemas ionodféricos. GPS proporciona "Selección de Azimut Normal" y las líneas emparán con las observaciones de la polar si se encuentran por lo menos a un kilómetro de longitud.

El GPS es una "herramienta topográfica que no da lugar a sorpresas" ya que es mucho menos susceptible a condiciones climáticas y terrenos accidentados que las herramientas topográficas convencionales. Porque utiliza microondas, el GPS puede trabajar con lluvia, nieve o neblina.

En el futuro, cuando un total de 24 satélites GPS se encuentren disponibles como está planeado, el potencial de aplicaciones empezará real-

mente. Entre más descubrimientos topográficos se realicen acerca de las aplicaciones GPS más serán los límites abiertos con GPS en el futuro.

2.3.4. Aerotriangulación

a) Definición

Aerotriangulación, es el proceso para la extensión del control horizontal y/o vertical usando mediciones de puntos individuales en la fotografía aérea.

Mediante la aerotriangulación se obtienen indirectamente puntos de control en las F.A. (puntos fotocontrol), a partir de unos cuantos deducidos también mediante trabajos de campo.

La aerotriangulación comprende la concatenación de puntos en fotografías aéreas para darles localización y escala respecto al terreno y obtener valores absolutos en coordenadas UTM referidas al elipsoide internacional.

b) Importancia

Antes de realizar la aerotriangulación, es necesario determinar la posición y elevación de una red de puntos de control terrestre, que servirán de base para la aerotriangulación, con la cual se aumentan los puntos de control necesarios para realizar la restitución fotogramétrica gráfica y/o numéricamente. Posteriormente éstos pueden tener muchos usos en ingeniería.

Es importante resaltar, lo económico que resulta la aerotriangulación para la densificación de puntos de control necesarios para la restitución de planos y cartas, eliminándose la necesidad de ejecutar operaciones terrestres altamente costosas que atentan contra la economía que persigue la Fotogrametría, permitiéndonos de esta manera explotar la información disponible en las F.A.

c) Métodos

Los diferentes métodos de uso actual, dependen principalmente de la cantidad de

cómputo necesario.

1. Método Analógico (mecánico)
2. Método Analítico (automatizado)

La aerotriangulación analítica ofrece una gran ventaja sobre la analógica ya que evita los errores en su proceso debido a una mala orientación del modelo, ofreciendo además los resultados y la opción de aceptarla o no.

Los métodos analíticos de triangulación aérea determinan las coordenadas tridimensionales de los puntos en el terreno mediante el proceso de cálculo a partir de las coordenadas de sus imágenes en las F.A. medidas con precisión por equipos restituidores analíticos, que para este caso, se usan como estereocomparadores.

Para el ajuste de largas fajas, es recomendable dividirlo en pequeños bloques de seis a ocho modelos por faja. De esta manera se considera la faja como rígida e indeformable y poder realizar los ajustes necesarios; por transformaciones estos

pequeños bloques serán ajustados en su integridad. Ya que la faja sufre un alabeo en toda su extensión, cuya deformación en el centro es notable siendo ésta mayor en cuanto a la coordenada Z, por esto la aerotriangulación se mide por la bondad de su altimetría.

Después que se ha realizado la aerotriangulación analítica queda grabado en la memoria de la computadora: los nombres de los modelos, coordenadas de los puntos de control y todo el proceso de la colocación del modelo de tal manera que cuando se va a restituir ya no es necesario repetir las orientaciones; se coloca las fotografías, se miden sus marcas fiduciales, se da el nombre del modelo, con lo cual automáticamente se orienta y queda listo para su explotación.

Clasificación de puntos según su marcado

Los puntos de control terrestre son base fundamental para la aerotriangulación ya que el primer modelo de una faja fotográfica se orienta con la ayuda de los pun-

tos de control del suelo.

a. Puntos Señalizados.

- Son señales preparadas en el terreno antes de la toma fotográfica.
- Es la más precisa forma de marcado.
- Su costo es muy elevado, motivo por el cual es usado en pequeñas áreas accesibles para el mapeo o propósitos de levantamientos a escalas grandes, donde se necesita gran precisión.
- Deben ser colocados de tal manera que aseguren su presencia en las F.A.

b. Puntos Naturales.

- Son seleccionados después del vuelo fotográfico, por lo tanto pueden ser ubicados donde lo necesitamos.
- Es recomendable hacer gráficos que eviten la incertidumbre en

la localización del punto, debiendo tener su orientación con respecto a la fotografía.

c. Puntos Artificiales.

- Son pinchados en la emulsión de las diapositivas.
- No existe restricción en su localización y número.
- No necesita preparación de gráficos y no son caros.
- No pueden ser identificados en el terreno, por lo tanto, no pueden ser usados como puntos de control terrestre.
- Son recomendables los marcados artificiales para ubicar puntos de paso o enlace que conectan modelos sucesivos y fajas.
- Para los trabajos precisos se debe disponer de equipo de marcado.

FORMAS DE EXTENSION DE CONTROL

	CAMPO (GEODESIA)	GABINETE (AEROTRIANGULACION)
Precisión adecuada	Sí	Depende de los métodos
Acceso al terreno	No siempre	Sí (salvo en caso que se tapa un punto)
Tiempo	Más	Menos
Costo	Alto (por punto)	Bajo (en proyectos grandes)

2.3.5. Restitución Fotogramétrica

a) Definición

Restitución, es la determinación de la posición verdadera del mapa, de objetos o puntos: la imagen de los que aparecen distorsionados, desplazados en las F.A.

La restitución corrige la distorsión resultante de ambos: la de inclinación y la de desplazamiento por relieve.

Determina la posición verdadera por medio de coordenadas: Geográficas, UTM.

Corrige la distorsión por medio de elementos para la eliminación del paralaje.

De Rotación:

k (capa) , corrige el giro.

ϕ (fi) , corrige el cabeceo.

w (omega), corrige el alabeo del avión.

De Traslación:

B_y , perpendicular a la línea de vuelo.

B_x (base), paralelo a la línea de vuelo.

B_z (altura), corrige el movimiento vertical.

b) Objetivo de la Restitución

Reconstruir el modelo tridimensional tal como se ha producido en el momento de toma aerofotográfica para representar cartográficamente la forma, dimensiones, tamaño, ubicación y características de los objetos.

La reproducción del instante de toma en un equipo de restitución se logra mediante un proceso cuidadoso denominado "orientación de los fotogramas" (modelos).

La restitución fotogramétrica, comprende la conversión de las coordenadas de una proyección cónica a una proyección ortogonal, obteniéndose en un plano la información que aparecen en las vistas aéreas tal como los detalles planimétricos y altimétricos.

c) Formación del Modelo Estereoscópico

El modelo estereoscópico, definido como la representación tridimensional en miniatura de la porción de terreno traslapado, se

forma partiendo de la colocación de las fotografías que constituyen el par (normalmente la base fotográfica de trabajo son diapositivas, es decir, fotografías positivas en base transparente), dispuestas de tal modo que la orientación de éstas permita la intersección en el espacio de haces perspectivos o rayos únicos llamados comúnmente rayos homólogos, con lo cual se forma un modelo tridimensional similar al terreno. (Ver Fig. II-5a).

d) Requisitos del Modelo Estereoscópico

- 1º La toma debe ser vertical
- 2º Altura de vuelo (Z) constante
- 3º Línea de vuelo (L.V.) paralela al borde de las fotografías aéreas
- 4º Traslape longitudinal adecuado (50-60%) (Ver Fig. II-5b)

FIGURA Nº II - 5

Par Estereoscópico

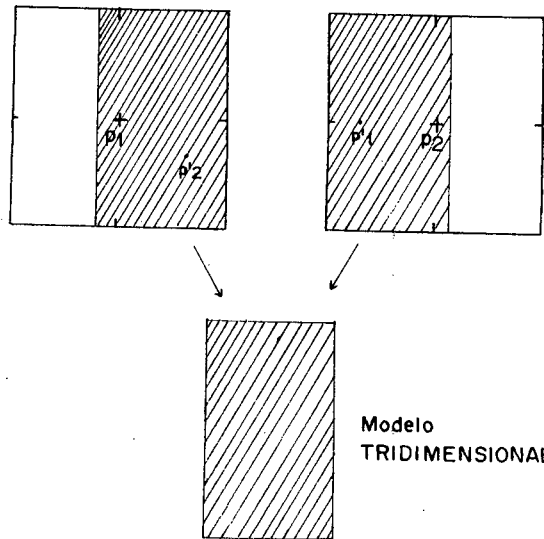
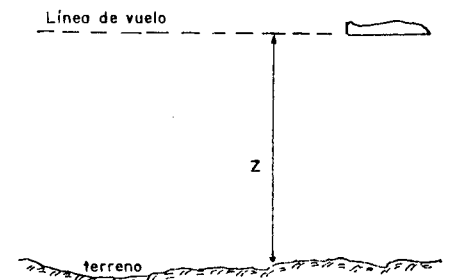
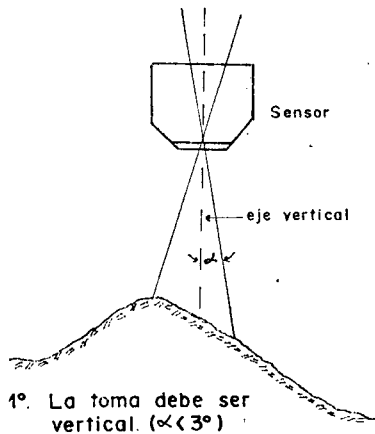


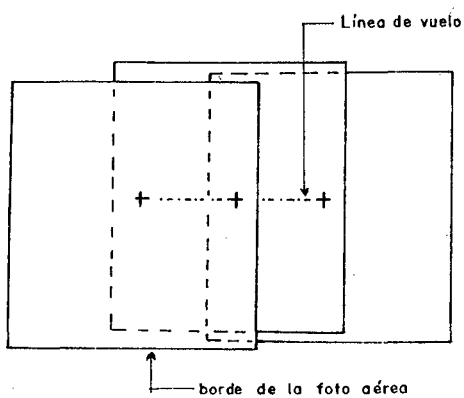
Fig. (a)

Requisitos de los Fotogramas



2º. Altura de vuelo (Z) constante.

3º. Línea de vuelo (L.V.) paralela al borde de las fotografías



4º. Traslape longitudinal adecuado (50 a 60%).

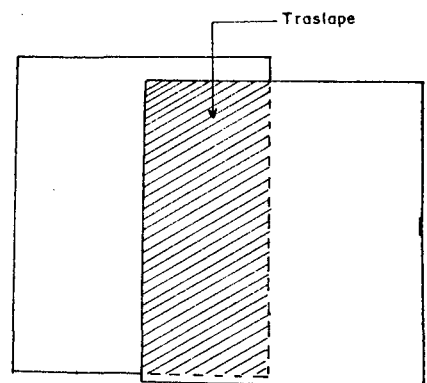


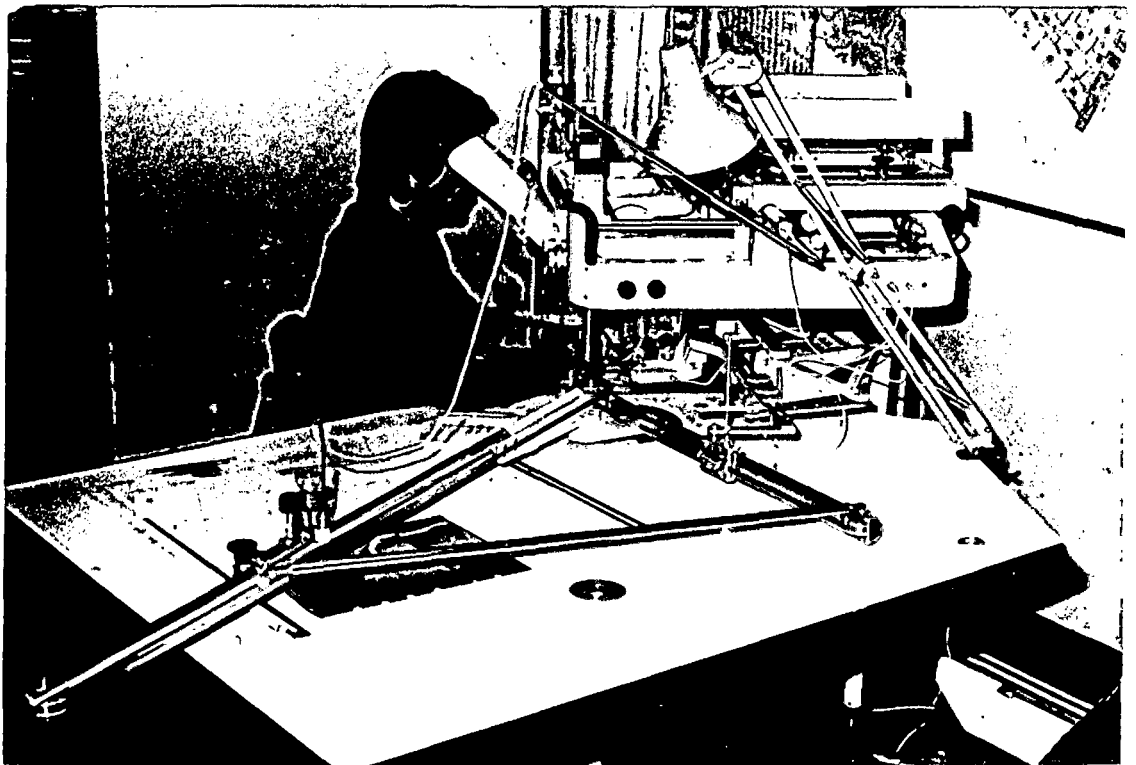
Fig. (b)

La restitución en fotogrametría es comúnmente realizada por métodos analógicos a través del empleo de instrumentos de plecteo estereoscópico.

En la actualidad, la explotación del par puede hacerse también mediante aparatos denominados restituidores analíticos, en los que los sistemas mecánicos han sido reemplazados por calculadores (digital-automatizados). Estos aparatos, de gran universalidad de empleo, todavía son escasos debido a su elevado precio.

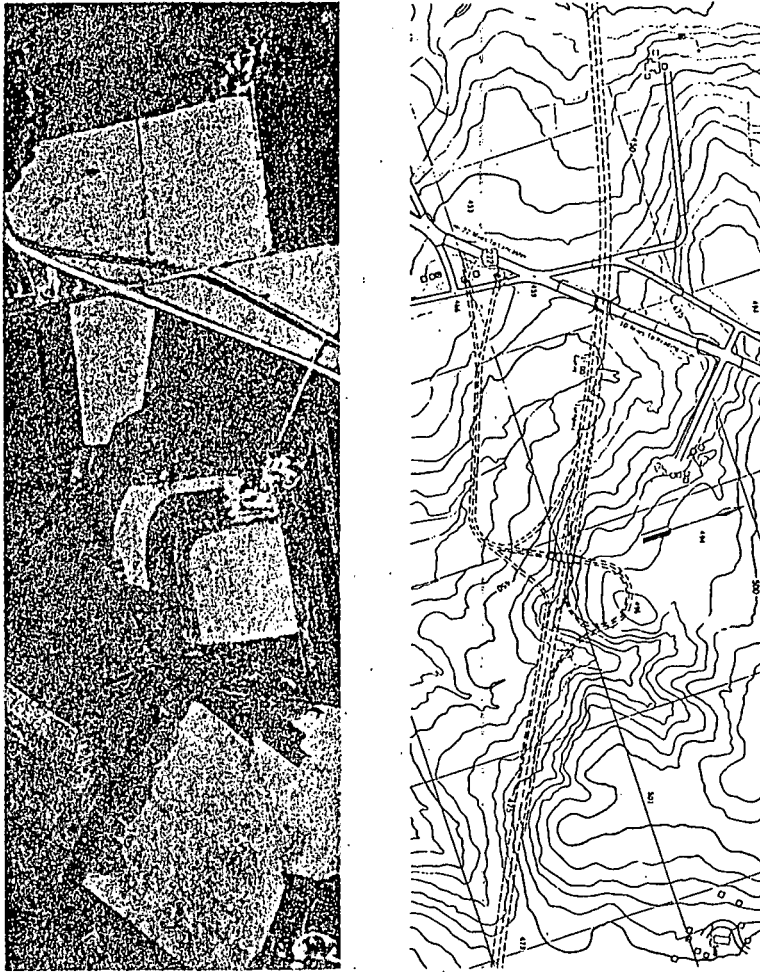
Los métodos regulares de restitución requieren el empleo de materiales costosos, manejados por personal calificado; estas condiciones exigen inversiones importantes. A partir de este límite la conveniencia de utilizar un aparato costoso disminuye notablemente respecto a aparatos menos potentes, menos caros, que aseguran sin embargo la precisión planimétrica a escala igual o inferior a la de las fotografías.

RESTITUIDOR Kern PG-2



* Restituidor analógico (óptico-mecánico)

RESTITUCION AEROFOTOGRAMETRICA



Plano topográfico, elaborado a partir de fotografías aéreas verticales.

2.3.6. Trabajo de Campo

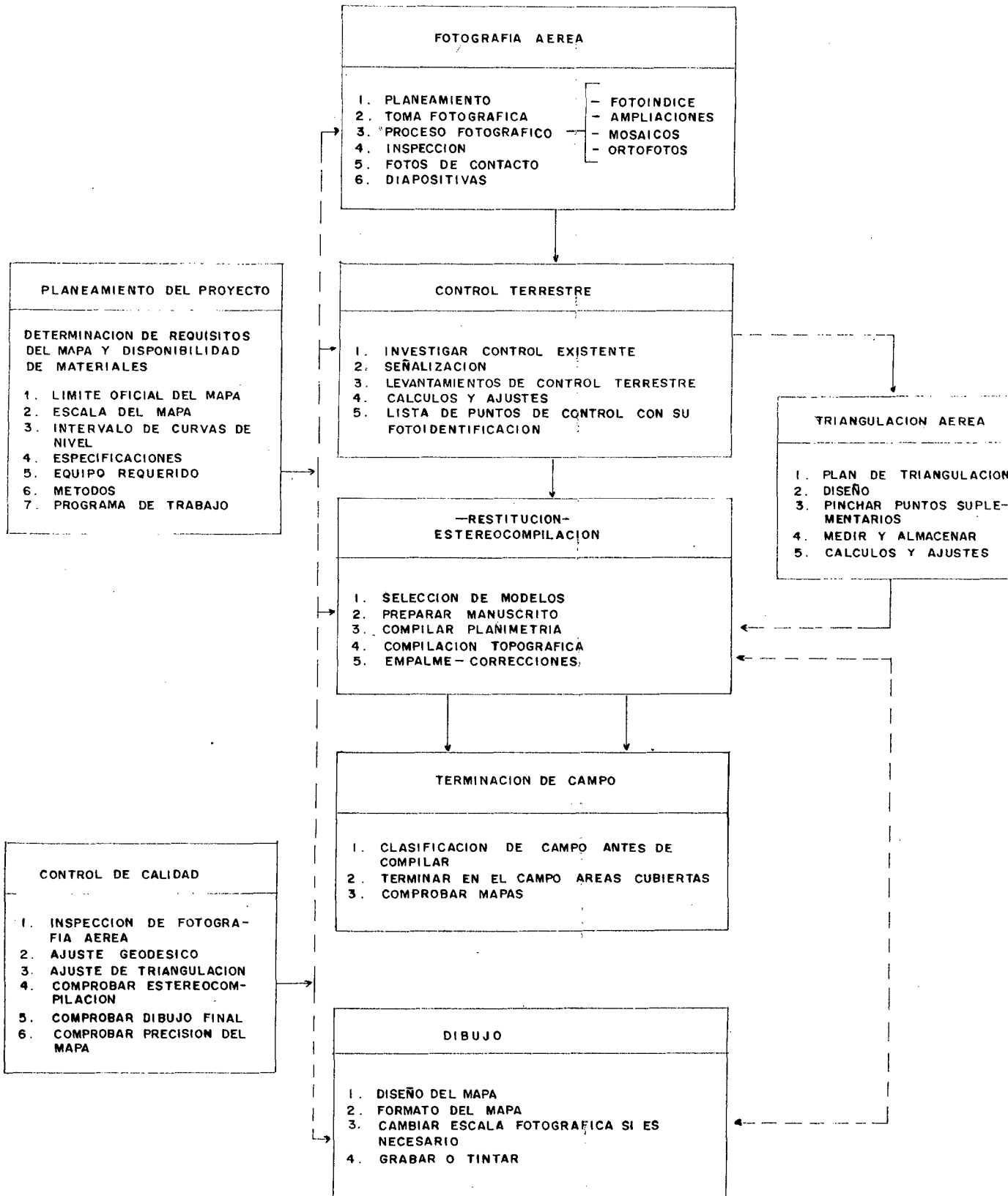
El reconocimiento de campo es importante para identificar con mayor facilidad y precisión los diferentes elementos que aparecen en las fotografías.

Es recomendable después de la restitución realizar un complemento topográfico de la zona restituida, ya sea con copia del plano restituido o con el uso de fotografías ampliadas (95 x 95 cm.), para completar lo que no ha sido restituido, tales como zonas que están debajo de: edificios altos, vegetación exuberante, así como muchos detalles que no salen o que se confunden.

2.3.7. Dibujo Cartográfico

Se realiza el dibujo topográfico, planimétrico y rotulado de información marginal y toponimia a escala especificada, de acuerdo a la simbología del manual técnico.

ELEMENTOS BASICOS DE UN PROYECTO FOTOGRAMETRICO



2.4 FOTOGRAMETRIA

a) Definición

Etimológicamente deriva de tres voces griegas:

Photos, que significa luz

Gramma, dibujar

Metron, medir.

Por lo tanto el significado etimológico sería medir gráficamente por medio de luz.

Actualmente, se define la Fotogrametría como la ciencia o arte cuyo objeto es estudiar y definir con precisión la forma, dimensiones y posicionamiento en el espacio de un objeto cualesquiera, mediante la obtención y medición de datos hechos sobre una o varias fotografías.

El campo de aplicación de la fotogrametría es en la topografía y en la elaboración de mapas principalmente, permite el levantamiento de detalles del terreno y su control por medio de aerotriangulación.

Como se indica en la definición, la fotogrametría puede dividirse en:

1. Interpretativa (cualitativa), es la que tiene por finalidad el reconocimiento de objetos a partir de sus imágenes fotográficas.
2. Medicional (cuantitativa), es decir, la determinación de distancias y elevaciones del terreno. Es el área de especialización de la fotogrametría.

b) Objetivo del Método General de la Fotogrametría

Es pasar la información:

TRIDIMENSIONAL => BIDIMENSIONAL => TRIDIMENSIONAL => BIDIMENSIONAL
 (Terreno) (Fot. Aérea) (Estereoscopia) (Planos)

2.4.1 Fotografía Aérea

Es la imagen plasmada en una fotografía como producto de una proyección central con centro el objetivo de la cámara y como plano la placa fotográfica.

Actualmente, una fotografía aérea, es la representación más completa e informativa de la superficie terrestre y además, es la más económica. Las fotografías aéreas nos dan vis-

tas del terreno en tercera dimensión.

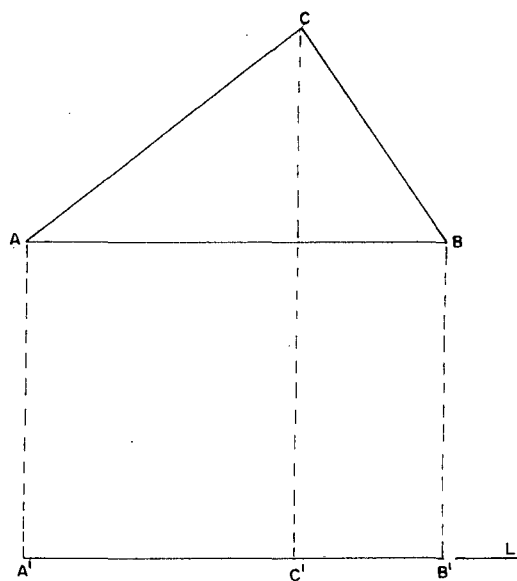
Las fotografías aéreas son usadas extensamente en levantamientos topográficos, conservación del suelo y de los bosques, estudios de irrigación, prevención de inundaciones, estudios catastrales, planeación de carreteras, localización de líneas de transmisión eléctrica, investigaciones geológicas, reconocimiento para uso militar, etc.

A través de la ciencia de la fotogrametría, se emplean como base para la construcción precisa de mapas topográficos, planimétricos y mosaicos controlados desde el aire.

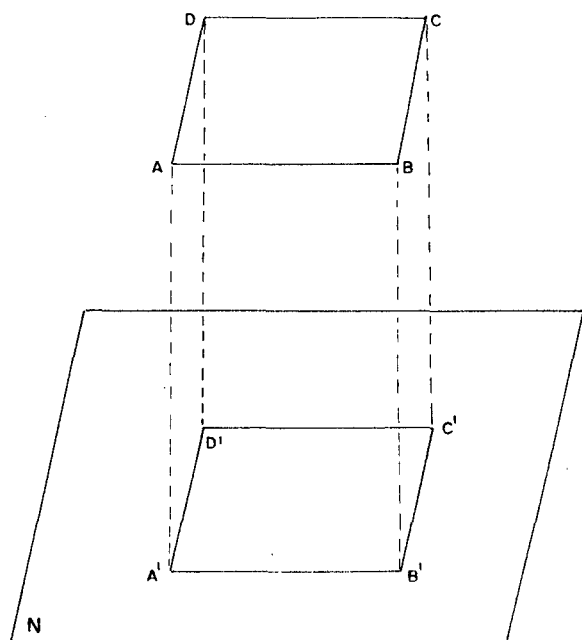
2.4.2 Aspectos Geométricos de una Fotografía Aérea

Sistemas de Proyección

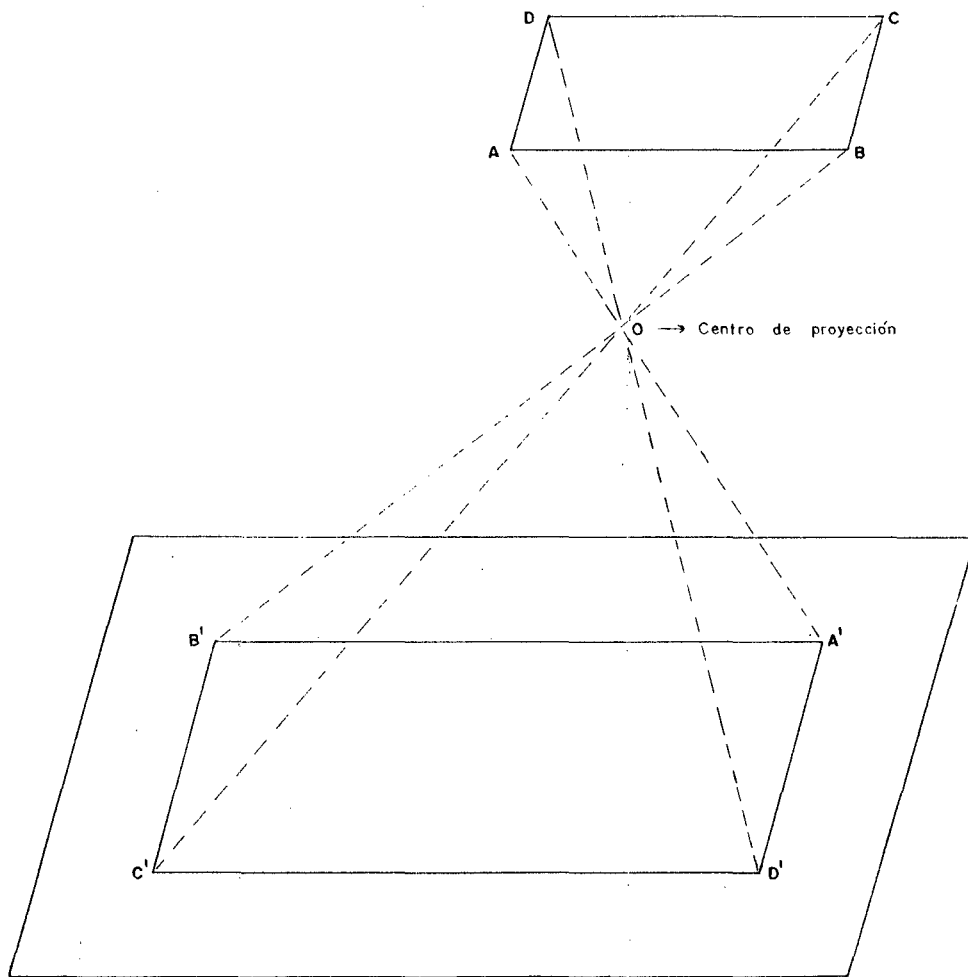
La confección de mapas requiere que la superficie de la tierra (geoide) se transforme en una figura de revolución (elipsoide), en la cual la superficie del terreno se proyecta sobre una figura directamente desarrollable sobre una superficie plana, cilindro, cono o simplemente por ecuaciones matemáticas de transformación



a. PROYECCION PARALELA



b. PROYECCION ORTOGONAL



c. PROYECCION CENTRAL

que relacionen las coordenadas planas X,Y con la latitud y la longitud.

En la elaboración de mapas topográficos (áreas relativamente pequeñas de superficie plana), los puntos son proyectados ortogonalmente sobre un plano medio del terreno (proyección paralela ortogonal), donde todos sus rayos de proyección son perpendiculares a dicho plano.

Desde el punto de vista geométrico, una fotografía aérea es una proyección central, en la cual los rayos de proyección que forman la imagen pasan por un mismo punto llamado centro de proyección. (Ver Fig. II-6: Tipos de Proyección)

2.4.3 Elementos de una Fotografía Aérea

Se considera la fotografía ligeramente inclinada para poder distinguir los siguientes elementos:

1. Altura de Vuelo (z).- Es la distancia que existe entre el centro de proyección (centro del lente) y el terreno.

2. Distancia Principal (c).- Es la distancia del centro de la perspectiva (centro de proyección) al plano de la superficie sensible (plano del negativo).

La distancia principal es un valor ajustado de la distancia focal computada para distribuir el efecto de la distorsión del lente sobre todo el campo empleado en la cámara fotográfica del avión. Es decir, la distancia principal (c) es igual a la distancia focal (f) del objetivo fotográfico más el desplazamiento adicional del objetivo o del plano de la imagen frente al enfoque a infinito.

3. Punto Nadir (n).- Es el punto de intersección de la vertical que pasa por el centro de proyección y el plano del negativo de la aerofoto. También se llama punto de la plomada. Se lo designa como "n" en la fotografía y "N" en el terreno.
4. Punto Principal (p).- Es la proyección ortogonal del centro de proyección sobre la fotografía. Osea el pie de perpendicular del centro de proyección al plano de

la fotografía.

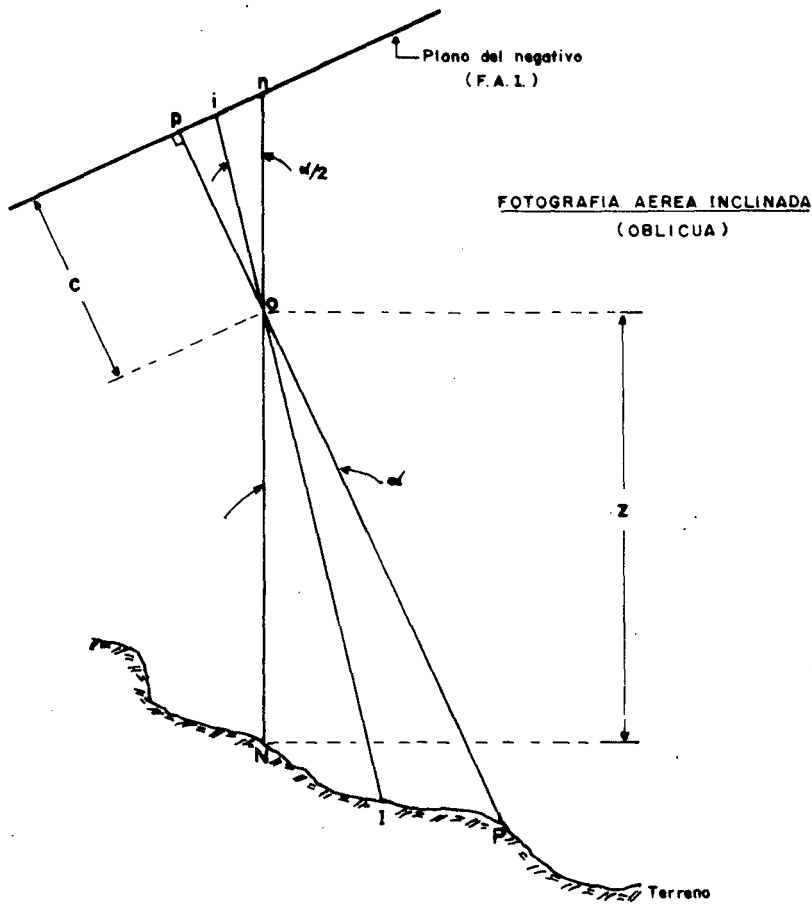
5. Isocentro (i).- Es el punto definido por la intersección del plano del negativo, y la línea que bisecta el ángulo determinado por la perpendicular al plano de la fotografía y la vertical que pasa por el centro de proyección.

En una aerofoto vertical los tres puntos: n,p,i, son coincidentes.

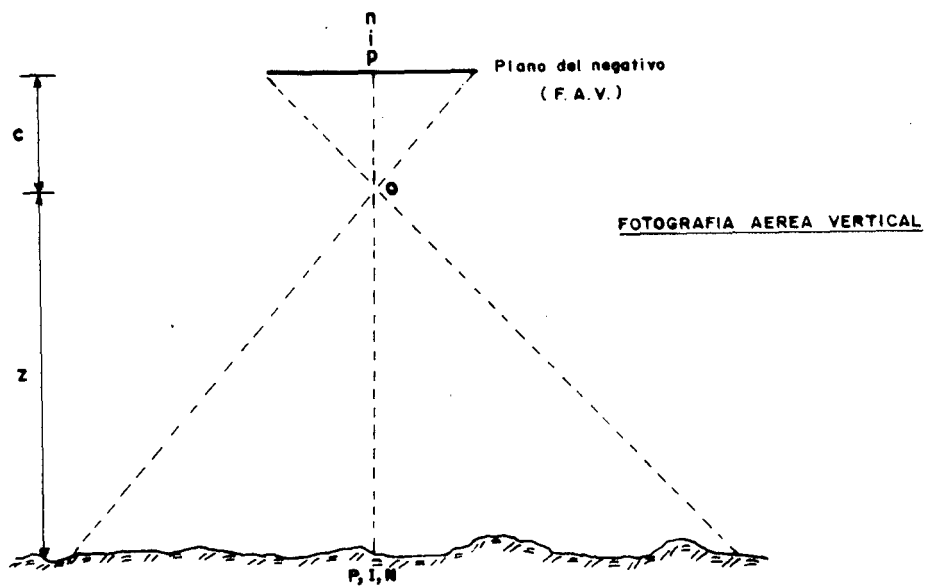
6. Eje Principal o de Toma de Vistas.- Es la recta perpendicular al plano del negativo que pasa por el centro de proyección.
7. Angulo de Inclinação (α).- Es el ángulo que está formado por la vertical y el eje de toma.
8. Línea Principal.- Es la línea que une el punto principal con el punto nadiral. En una aerofoto vertical esta línea no existe ya que los puntos p y n son coincidentes.
9. Línea de Vuelo (L.V.).- Si las fotografías han sido tomadas con un traslape longitu-

FIGURA Nº II-7

ELEMENTOS DE UNA FOTOGRAFIA AEREA



- c = Distancia principal
- O = Centro de proyección
- Z = Altura de vuelo
- P = Punto principal
- i = Isocentro
- n = Punto nadir
- op = Eje principal



dinal superior al 50% será posible identificar el punto principal de cada foto y su homólogo en la fotografía adyacente. La visión de pares sucesivos de puntos principales define la línea de vuelo, indicando la dirección de vuelo.

10. Plano Principal .- Es el plano que contiene el centro de proyección, punto nadir, punto principal y el eje de toma.
11. Formato.- Es el marco o recuadro que limita la imagen fotográfica que generalmente es de forma cuadrada y con una amplitud de 23 x 23 cm. (Ver Fig. II-7: Elementos de una F.A.)

2.4.4 Clasificación de las Fotografías Aéreas

- a. De acuerdo a la película utilizada:

Pancromática.- Es sensible a todos los colores visibles del espectro solar (violeta-rojo). Los objetos aparecen generalmente de color gris-blanco y negro ($0.3\mu - 0.7\mu$).

Ortrocromática. - Es muy sensible al verde y azul, es apropiada para zonas de cultivos o de vegetación (0.3μ - 0.7μ).

Infrarrojo. - Es sensible a todos los rayos visibles y no visibles por el ojo humano. Resaltan los contrastes; pero oscurecen los detalles, el agua aparece oscuro.

Existen películas de infrarrojo color, falso color y el infrarrojo blanco y negro.

Color. - Es sensible a todos los rayos visibles y presentan todos los colores naturales de la superficie fotografiada, tiene bajo poder de resolución de detalles y presenta falta de nitidez por neblina.

b. De Acuerdo al Papel Utilizado:

El papel es un elemento que sirve para el traslado de la imagen del negativo a la impresión y puede ser:

Brillante. - Se imprime sobre papel de peso normal con una superficie brillante. Es de

buena calidad para la observación de las imágenes ya que el brillo mejora los contrastes en los grises y negros y favorece la identificación de los detalles muy pequeños.

Los acabados brillantes de peso normal generalmente se reservan para ilustraciones; para montar fotografías, como en un conjunto para un mosaico, o cuando los positivos impresos (copias en papel) deben enrollarse, generalmente para el transporte de fotografías amplificadas.

Es apropiado para el trabajo de gabinete.

Semi-Mate.— Se imprime sobre papel de peso doble con una superficie semi-mate (casi opaco).

La superficie semi-mate sirve para hacer anotaciones a color o con lápiz y es la que se prefiere para uso general tanto para trabajo de campo y oficina. El papel de doble peso puede tocarse repetidas veces y seguir siendo casi plano.

Mate..- Es opaco, pero más grueso, muy empleado en el trabajo de campo.

En muchos casos, es conveniente usar en lugar de las copias en papel las diapositivas (positivos impresos en base transparente). Por lo general, se logra con ello mayor precisión. A consecuencia de una deformación desigual del papel fotográfico pueden producirse deformaciones considerables del modelo, ya que las dimensiones del papel, que dependen de las condiciones atmosféricas (temperatura, humedad), sufren alteraciones que tienen influencia en las determinaciones de longitudes, pero será la altimetría, por la sensibilidad de las medidas diferenciales (medidas de paralaje), la más afectada.

Para la observación de imágenes transparentes se coloca el estereoscopio sobre una caja o mesa de iluminación trasluz. Se usan las imágenes transparentes en todos los equipos restituidores.

c. De acuerdo al tipo de cámara:

El ángulo de visión de la lente nos determina las siguientes F.A.: Normal, Gran angular y Super gran angular. (Ver Fig. II-8a)

FOTOGRAFIA AEREA	ANGULO DE VISION	DISTANCIA PRINCIPAL (mm)	FORMATO (cm)
Normal	60°	210 - 305	18 x 18
Gran Angular	90°	105 - 154	23 x 23
Super Gran Angular	120°	88.5	23 x 23

La más usada en el Perú es la Gran angular, que comparada con la Super gran angular tomadas a la misma altura de vuelo nos brinda fotografías a mayor escala favoreciendo los diferentes estudios. La Super gran angular cubre mayor área pero de escala menor.

d. De acuerdo a la inclinación del eje de toma:

Fotografía Aérea Vertical.- Cuando el eje principal coincide con la vertical al terreno. El ángulo de inclinación (α) debe ser menor de 3°.

Cuando se toma la fotografía en condiciones normales $\alpha=1^\circ$. En condiciones excepcionales se acepta $\alpha=4^\circ$ (por vientos que desestabilicen al avión pero no debe existir lluvia).

Fotografía Aérea Inclinada.- Cuando el referido ángulo de inclinación alcanza valores superiores a 3° . Puede ser:

Fotografía Oblicua baja, tomada estando el eje intencionalmente inclinado en cierto ángulo con respecto a la vertical. No aparece el horizonte.

Fotografía Oblicua alta o Panorámica, en esta fotografía aparece la impresión del horizonte.

Los fotogramas en dirección vertical son los medios principales para el desarrollo de la cartografía. Una aerofoto verdaderamente vertical se obtiene cuando el eje de la cámara está exactamente a plomo al momento de efectuar la exposición, pero esto en la práctica no siempre se da ya que existen inclinaciones generalmente menores a 1° y raramente mayores a 3° .

FIGURA Nº 11 - 8

TIPOS DE CAMARAS

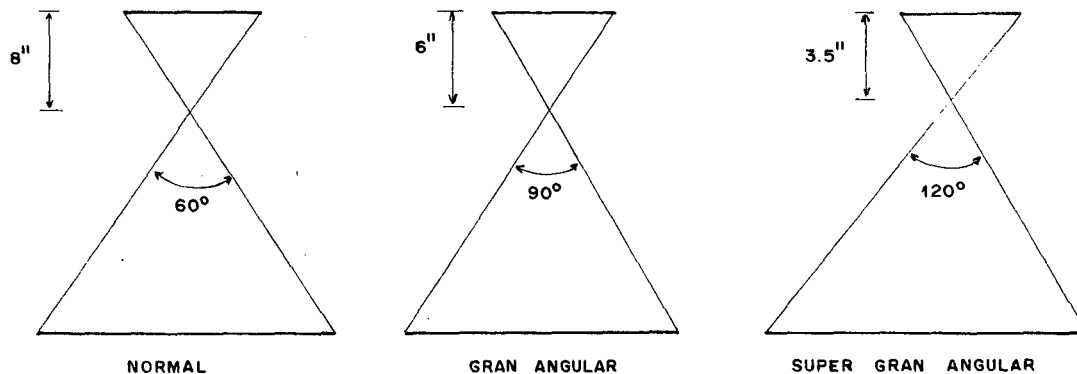


Fig. (a)

CLASES DE FOTOGRAFIAS AEREAS

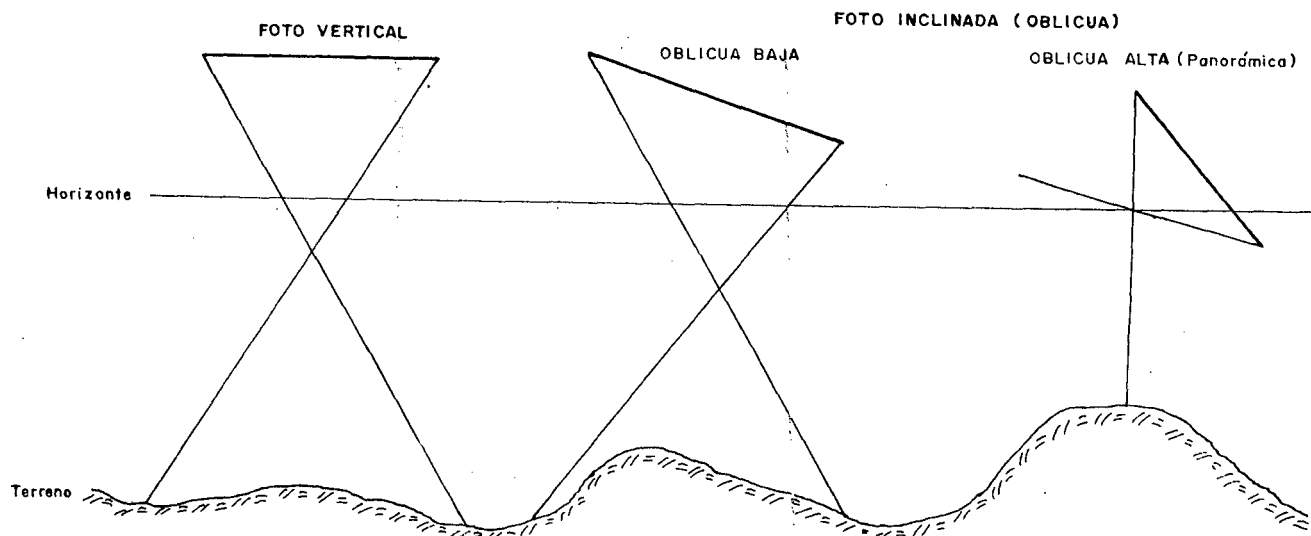


Fig. (b)

Estas aerofotos verticales no son proyecciones verdaderamente ortogonales de la superficie en estudio sino son vistas en perspectiva, por lo que se hace necesario realizar las correcciones geométricas de este tipo de proyección. (Ver Fig. II-8b)

**Propiedades Principales de las F.A.
Verticales e Inclínadas.**

PROPIEDAD	F.A. VERTICAL	F.A. INCLINADA
Inclinación	< 3°	> 3° Puede o no aparecer el horizonte.
Cobertura	Pequeña	Regular
Area	Rectangular	Trapezoidal
Diferencia de comparación a un mapa	Menor	Mayor
Ventajas	Fácil de mapear	Difícil de mapear.

2.4.5 Información Marginal de una Fotografía Aérea

A parte de la imagen del terreno que se obtiene en la fotografía, existe una información marginal:

1. Marcas Fiduciales.- Generalmente son cuatro y definen los ejes cuya intersección determina el punto principal de la fotografía.

Marcas fiduciales de las esquinas, son las más precisas para determinar el punto principal. Nos sirve para hacer la orientación en equipos restituidores.

Marcas fiduciales laterales, se ven en todas las fotografías.

2. Distancia Principal.- Es la distancia focal (del centro de proyección al negativo) calibrada. Por ejemplo: una distancia principal de 153.31 mm. para una distancia focal de 6 pulgadas (152.4 mm.). Nos sirve para calcular la escala de una fotografía.

3. Reloj.- Nos indica la hora que fue tomada la fotografía. Puede ser útil para calcular la altura de los objetos por el método de sombra o la determinación del norte magnético.

4. Altímetro.-- Registra la altura absoluta (Zo) en que se tomó la fotografía, es decir, la altura de vuelo respecto al nivel medio del mar (tomado como plano de referencia).
5. Nivel.-- Que indica la inclinación aproximada del eje principal mediante un nivel esférico.
6. Número de Orden de la Fotografía.-- Nos sirve generalmente para armar y ordenar las fajas y bloques.
7. Nombre del Proyecto.-- Identificación normalmente definida por números.
8. Fecha.-- Nos permite determinar si las fotografías son actuales o no.
9. Identificación de Cámara.-- Dato usado por las cámaras modernas. Información útil para calibraciones; entre ellos: marca, tipo de cámara, serie, etc.

En la actualidad las cámaras electrónicas tal como la RC-20 proporcionan mayor in-

formación marginal: coordenadas geográficas, indicador del funcionamiento del sistema de vacío.

2.4.6 Deformaciones Geométricas en las Fotografías Aéreas.

Se denominan deformaciones geométricas de las fotografías a un grupo de desplazamientos o imperfecciones que afectan la calidad de la imagen desde el punto de vista cuantitativo y que influyen en las mediciones sobre las aerofotos.

La imagen de una aerofoto es similar a un mapa, pero, desde el punto de vista cartográfico es diferente debido a las deformaciones de la imagen. Por eso se hace necesario conocer las características y deformaciones para eliminarlas o corregirlas mediante instrumentos que permitan transformar la F.A. en un mapa.

Las deformaciones que se estudian son:

a) Desplazamiento debido al Relieve (d.r)

Este desplazamiento es la distancia entre

la posición de la imagen de un punto en la F.A. si éste estuviese en el plano de referencia y su posición debido al relieve. (Fig. II-9a)

La deformación debido al relieve es radial con relación al nadir y crece proporcionalmente al valor r .

$$\pm \Delta r = r \times \Delta H/Z$$

Δr = Desplazamiento debido al relieve
(mm.)

r = Distancia radial desde el punto principal hasta la imagen del punto terrestre.

ΔH = Diferencia de altura entre dos puntos.

Z = Altura de vuelo.

ΔR = Diferencia de distancias horizontales.

R = Distancia horizontal al punto nadir.

$r - \Delta r$ = Distancia radial desde el punto principal hasta la posición de la imagen del punto en el plano de referencia.

DESPLAZAMIENTO POR RELIEVE

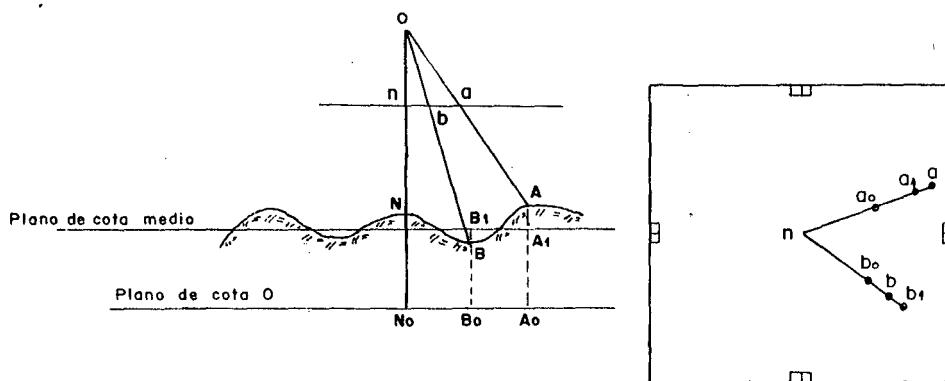
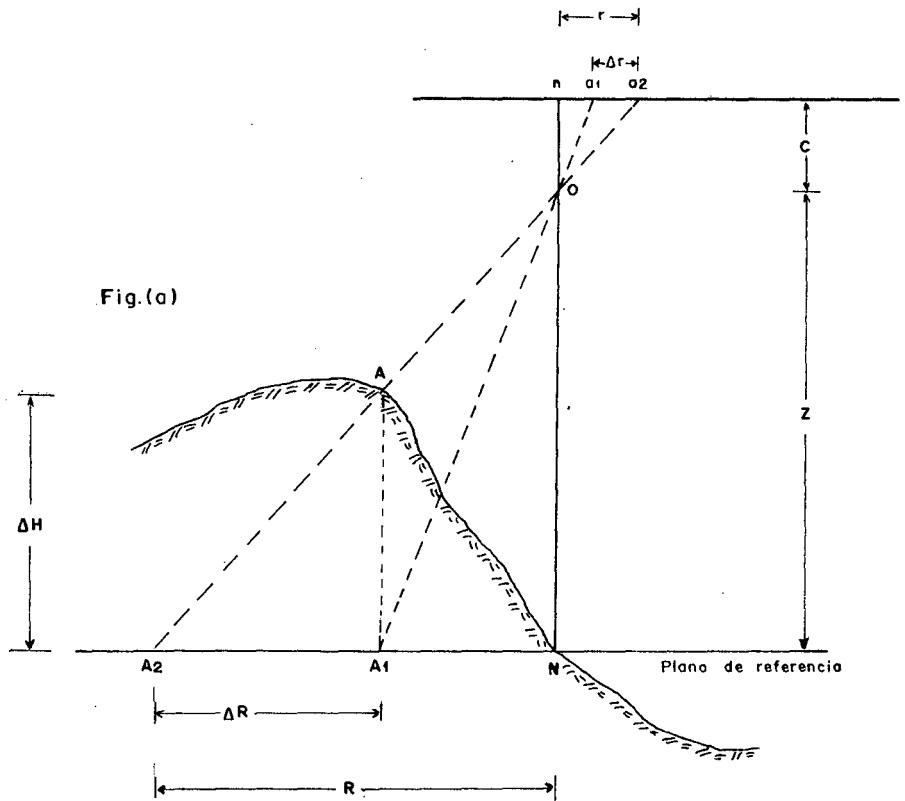


Fig.(b) ... Elección del plano de referencia

Su aplicación es en el levantamiento planimétrico al interior de una fotografía.

Elección del plano de referencia

El relieve del terreno produce un desplazamiento de la imagen de cada punto en la F.A. con respecto a un plano base o de referencia.

Sin embargo, este desplazamiento es benéfico, pues permite calcular diferencias de alturas, dibujar curvas de nivel, etc.

El efecto de la curvatura terrestre es importante cuando el área es muy grande en las F. A. verticales de escala muy pequeña y cuando se trata de determinar el control fotogramétrico de una faja extensa de terreno por aerotriangulación.

Cuando se van a corregir las deformaciones sufridas por la imagen fotográfica por causa del relieve es muy conveniente adoptar un plano de referencia de una altitud media respecto a las cotas extre-

mas del terreno y no necesariamente el plano de cota más baja; cota "0" en la Figura II-9b. Los vectores de corrección se reducirán en magnitud considerablemente, pero hay que prestar atención al signo de la corrección.

Si el punto terrestre:

Está situado por encima del plano de referencia el desplazamiento del relieve es hacia fuera y positivo. Por lo tanto, la corrección es acercándose al punto nadir.

$$\Delta H (+) \rightarrow \Delta r (+)$$

Si está situado debajo del plano de referencia, el desplazamiento del relieve es hacia adentro y negativo. Entonces la corrección es alejándose del punto nadir.

$$\Delta H (-) \rightarrow \Delta r (-)$$

El desplazamiento neto causado por una diferencia en la elevación, medido desde el suelo hasta la parte superior de un objeto, como un árbol o un edificio,

también se puede calcular con la fórmula anterior si H es definida como la altura del objeto.

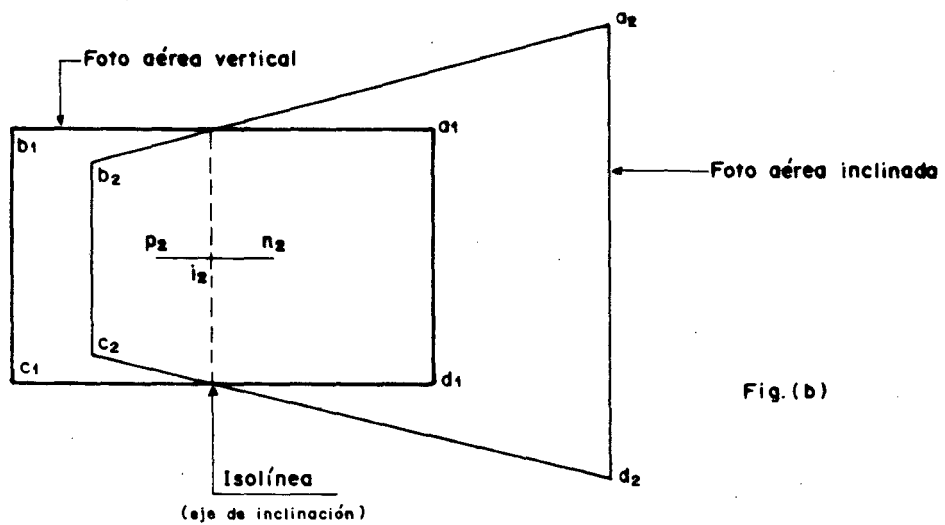
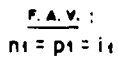
b) Desplazamiento debido a la Inclinación

El estudio de este desplazamiento es importante realizar para el caso teórico de terrenos exactamente planos, basados en que una F.A. por más vertical que sea se considere siempre manifiesta una ligera inclinación. En una F.A. perfectamente vertical en un terreno plano, los puntos nadir (n_1), isocentro (i_1) y principal (p_1), son coincidentes.

Si la fotografía se gira un ángulo " α " alrededor del punto " o ", sobre la fotografía inclinada aparecerán los puntos n_2 , i_2 y p_2 , en diferente posición.

La Figura II-10, muestra un terreno de forma cuadrada ABCD que ha sido fotografiado dos veces con un centro de proyección y con la misma distancia principal.

DESPLAZAMIENTO POR TILT (Inclinación)



La primera fotografía es exactamente vertical dándonos una imagen a_1 , b_1 , c_1 , d_1 ; la segunda fotografía tiene un tilt (inclinación) expresado por el ángulo α , dando como imagen a_2 , b_2 , c_2 , d_2 .

El desplazamiento debido a la inclinación de la F.A. es radial a partir del isocentro, sin embargo, este desplazamiento no sigue una relación lineal como el caso del desplazamiento por relieve sino que es nulo para puntos sobre la isolínea (eje de inclinación), es positivo para puntos que se encuentran a un lado de dicha línea y negativo para puntos al otro lado de la misma.

Los desplazamientos de las imágenes debidos a la inclinación son generalmente insignificantes comparados con los desplazamientos debidos al relieve del suelo.

La inclinación de una fotografía puede causar desplazamiento de la imagen que producen errores en escala de uno hasta 2%; el relieve del suelo podría causar desplazamientos que producen errores de

escala de 10% o más, dependiendo de lo escabroso del terreno y es más acusada cuanto más lejos del centro nos encontremos.

Por esto será preciso evitar en lo posible utilizar la fotografía en los bordes en una zona próxima a la línea de vuelo y utilizar, por el contrario, la otra fotografía del par estereoscópico en donde la imagen esté más próxima al centro. De aquí el interés de utilizar en un par una fotografía con preferencia a otra.

En un área de terreno plano, el desplazamiento causado por la inclinación puede ser la causa principal de un pequeño error de escala. Las diferencias de escala se evitan ahora ya que las cámaras modernas lo corrigen.

Si el objeto es obtener un plano planimétrico a partir de la fotografía de un terreno accidentado, es conveniente tener una idea de los órdenes de magnitud de las deformaciones atener en el caso de no realizar corrección alguna en los puntos

de la fotografía.

La deformación por relieve, se corrige con equipos sencillos (estereoscopio) para realizar cualquier tipo de medida.

La inclinación o rotación en el momento de toma, no se cuantifica con el estereoscopio, sino con un equipo restituidor.

Los equipos restituidores de precisión corrigen la inclinación de toma de vistas y el efecto del relieve automáticamente conociendo las altitudes y posición geográfica de puntos de la imagen.

2.4.7 Escala de las Fotografías Aéreas

La totalidad de los autores revisados interpretan la escala de una aerofoto vertical como la relación entre la distancia horizontal en la fotografía y la distancia correspondiente en el terreno, medida entre los mismos puntos identificables:

$$1/E = df/dT.$$

Una fotografía aérea es una vista en perspectiva, la escala varía de un punto a otro al cambiar las elevaciones del terreno. Las cumbres de las colinas están más cerca de la cámara fotográfica que los valles. Debido a esto, la escala fotográfica de las colinas es mayor que la escala de los valles. Exceptuando las áreas escabrosas, las variaciones de escala podrían ser de poca importancia; pero para hacer un uso efectivo de la fotografía de áreas escabrosas, deben conocerse a fondo las características de la perspectiva de la imagen.

La determinación de la escala depende de la utilización que se le dará a la fotografía. Es imposible generalizar cuando se trata de describir la escala más conveniente. Solamente se darán algunas referencias que puedan utilizarse en determinados casos, sin que ello represente una norma general.

Algunos tipos de proyectos exigen la utilización de escalas grandes, mientras que otros necesitan de pequeña escala:

- Escalas Grandes; varían entre 1:500 o menos y 1:10,000.

- Escalas Medianas; que pueden variar entre 1:12,000 y 1:25,000.
- Escalas Pequeñas; mayores de 1:25,000, llegándose normalmente hasta 1:60,000 o más.

Sin embargo, puede llegar un instante en que el profesional se vea obligado a decidir una escala promedio que pueda servir para varios objetos, en cuyo caso podría aventurarse a escoger una que varía entre 1:12,000 y 1:25,000, lo que nos da la escala de 1:20,000 como la más utilizable.

Para el reconocimiento inicial de la zona en que se proyecta ubicar una carretera, se podrán emplear fotografías a pequeña escala, para no invertir una considerable suma en la adquisición de fotografías a gran escala de toda el área que impediría un estudio general de ella con la prontitud deseada, debido a que cada par cubriría solamente un pequeño sector. Cuando se trata de estudios más detallados se aumentará la escala. Debido a su costo, no se deberá abusar del empleo de estas fotografías a gran escala, salvo que puedan utilizarse posteriormente.

ESCALA DE UNA AEROFOTO VERTICAL

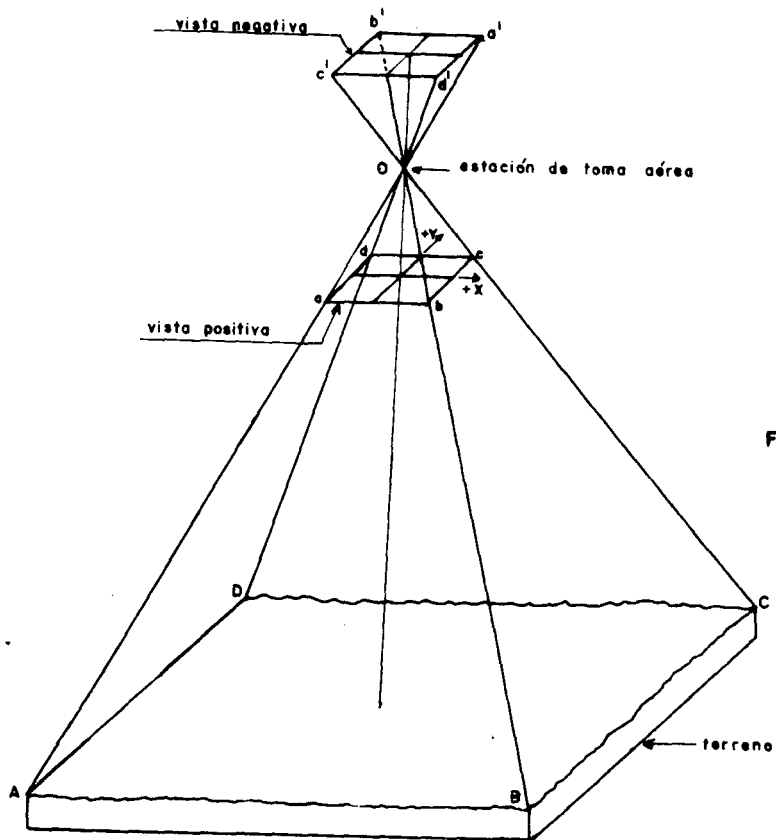


Fig. (a)

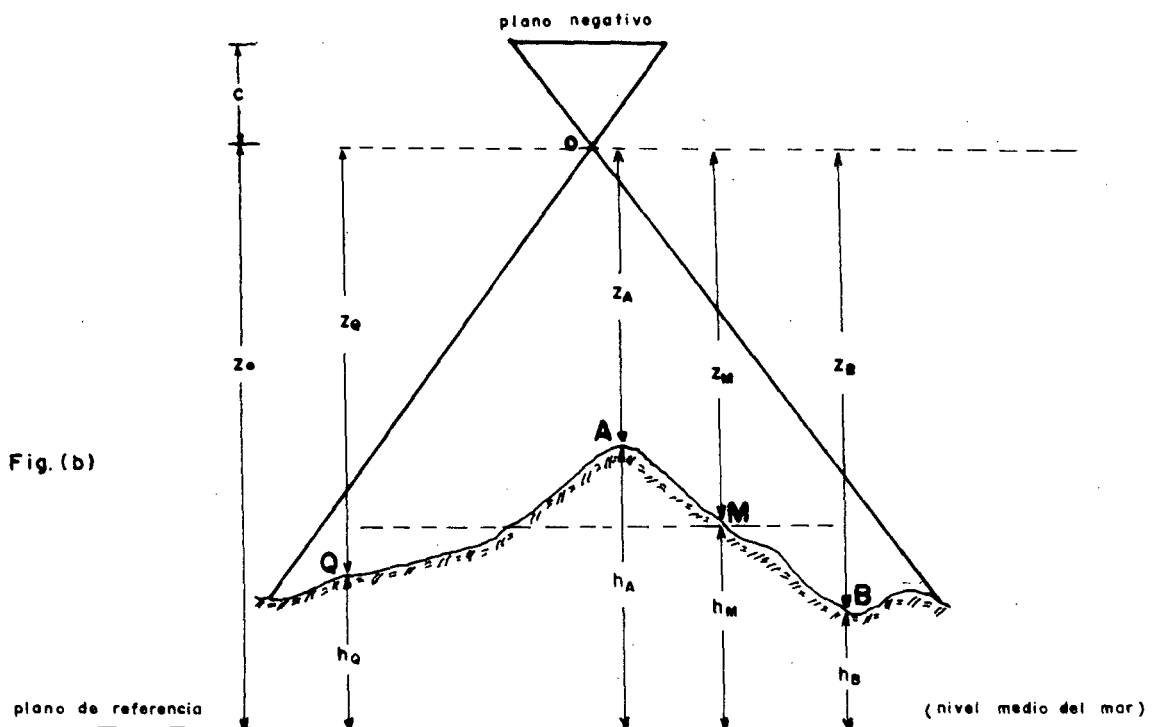


Fig. (b)

Podría resumirse entonces dando valores más generales. En áreas rurales accidentadas y con poco uso de la tierra, podría usarse fotografías entre 1:24,000 y 1:60,000. En las mismas áreas rurales, pero con extenso uso de la tierra, sea cual fuere su topografía, las escalas serán 1:18,000 y 1:24,000. Finalmente en áreas urbanas utilícese fotografías de 1:6,000 a 1:20,000.

Interpretación de la Figura II-11b

En la figura, sea "o" el punto principal fotográfico (estación de toma) a una altura " Z_o " sobre el plano de referencia y "c" la distancia principal.

Los puntos de tierra A,B,Q,M, cuyas elevaciones respecto del plano de referencia (nivel medio del mar) son h_A , h_B , h_Q , h_M , respectivamente tienen sus imágenes fotográficas en a,b,q,m.

La escala en un punto se expresa en términos de su cota, distancia principal y la altura de vuelo sobre el plano de referencia:

$$\frac{1}{EA} = \frac{c}{ZA} = \frac{c}{Z_o - hA}$$

$$\frac{1}{EB} = \frac{c}{ZB} = \frac{c}{Z_o - hB}$$

De acuerdo a lo anterior, resulta que a cada plano de referencia corresponderá una escala diferente, por eso al referirse a la escala de una fotografía aérea es conveniente hallar la escala media, para lo cual debemos calcular la altura media del área que abarca la fotografía, y la fórmula correspondiente será:

$$\frac{1}{EM} = \frac{c}{ZM} = \frac{c}{Z_o - hM} = \frac{1}{2} (EA + EB)$$

Según la figura en mención:

$$Z_o = ZA + hA = ZB + hB = ZM + hM$$

Z_o = Altura absoluta de vuelo.

ZA = Altura de vuelo sobre el terreno para el punto más alto "A".

ZB = Altura de vuelo sobre el terreno para el punto más bajo "B".

ZM = Altura de vuelo sobre el terreno para un punto "M" situado en el nivel medio del terreno.

hA = Elevación del terreno para el punto más alto "A" (cota de A).

hB = Cota de B (punto más bajo).

hM = Cota de M (nivel medio del terreno).

2.4.8 Precauciones a tomar en el Manejo de las Fotografías Aéreas.

Dado que las fotografías contienen una riqueza de informaciones y gran sensibilidad en la percepción de relieve, se desprende de aquí que el usuario debe manejar y transportar las fotografías con grandes precauciones, sobre todo si no tiene más que un juego: cualquier raya, desprendimiento o rotura puede inutilizarlas para posterior utilización.

Igualmente habrá que vigilar que la superficie de las copias se conserve perfectamente plana y luchar contra la tendencia a enrollarse que tienen las fotografías en tiempo seco y a alterarse o adherirse la gelatina a otra superficie cuando la atmósfera está saturada.

Estas alteraciones en las fotografías aéreas, tienen influencia en la determinación de longitudes y será la altimetría la más afectada, sobre todo, si se utilizan copias en papel brillante.

2.4.9 Uso de las Fotografías Aéreas en Zona de Selva

La existencia de apropiadas fotografías aéreas brindarán tanto la información cualitativa como la cuantitativa, siempre que hayan sido tomadas en la estación apropiada, a la correcta altura de vuelo y hayan seguido métodos fotogramétricos apropiados.

No podemos dejar de reconocer el hecho de que nuestra selva, con sus enormes árboles, su complicada y espesa vegetación y su cambiante topografía, brinda pocas posibilidades para la interpretación de detalles en la superficie terrestre. Sin embargo en zonas boscosas tropicales, se puede facilitar la solución del problema de la altura y densidad de la vegetación, utilizando fotografías a gran escala (mayores a 1:10,000). Se pueden lograr resultados prácticos y aceptables con fotografías de 1:20,000.

En las fotografías a gran escala es necesario para encontrar detalles naturales precisos que sirvan de puntos de apoyo para restituciones finas, "señalizar" el terreno con paneles artificiales antes de la ejecución del vuelo.

El ancho de la faja será de 1.5 a 5 kilómetros.

Muchas veces, en regiones como nuestra selva o cabecera de selva en que la vegetación es tan tupida que impide una clara visión del terreno, se logra determinar en la fotografía la forma general del terreno, llevando nuestro estudio de gradiente sobre la copa de los árboles, obteniendo así pendientes y alineamientos relativos que pueden ser utilizados como una aproximación, dependiendo su valor de las dificultades naturales y del tipo de fotografía disponible. Una vez que se haya seleccionado la que parezca ser la mejor ruta, se tendrá que rozar la faja por la que se efectuará el trazo preliminar posterior, lográndose una descripción precisa utilizando las coordenadas del eje diseñado inicialmente.

Cuando el área es fuertemente boscosa, la exactitud de la medición vertical no excederá la mitad de la altura de los árboles, la cual es en muchos lugares de 30 metros. En la fotografía debido a la densidad de las sombras, el bosque tupido aparece oscuro. Algunas veces, se puede obtener una idea de la altura de la cubierta boscosa, observando las sombras que arrojan los árboles.

2.4.10 Utilización Topográfica de las Fotografías Aéreas

La utilización de las F.A. puede responder a necesidades diferentes, entre los que pueden distinguirse las de orden topográfico, es decir, las que permiten situar los objetivos en un sistema geográfico de referencia y las que tienen por objeto definir las características, cualitativas o cuantitativas, de los objetos que aparecen en las fotografías.

La fotografía aérea, estudiada aquí, de eje prácticamente vertical, desempeña el papel de un mapa mucho más completo y detallado (excepto en las zonas cubiertas por bosques densos) que el plano más completo a escala similar.

Debido al hecho de dar simultáneamente una visión sintética y también detallada (microrrelieve) del terreno nos permiten elegir eficazmente el itinerario óptimo entre dos puntos en función de variados factores, como son: la naturaleza del suelo y la vegetación por un lado y los matices del relieve y drenaje superficial por otro.

Debe utilizarse sin vacilaciones la F.A. en todos aquellos casos en que la cartografía de la región es demasiado rudimentaria, sobre todo si el recorrido en el campo es difícil o no abundan los detalles característicos. Cuando se disponga de cartografía detallada y actualizada de la zona que se quiere reconocer se utilizará normalmente esta documentación para llegar al lugar deseado por la comodidad y consulta que proporciona.

En nuestro país, para realizar estudios topográficos, las fotografías aéreas son obtenidas de cámaras gran angulares que poseen un cono (distancia focal) de 6 pulgadas (152.4 mm.).

2.4.11 Anotaciones sobre las Fotografías

Las anotaciones pueden hacerse directamente sobre las fotografías o sobre transparencias (calcos). Se realizan con un lápiz de cera o con tintas de colores, según la precisión que se desee. Es preferible hacerlas sobre las fotografías (visión fina de detalles) si disponemos de dos juegos como mínimo y, al contrario utilizar los calcos cuando se dispone de una sola colección y hay muchas indicaciones

que anotar.

Hay que hacer notar que en el examen estereoscópico de un par, el calco aplicado sobre las fotografías parece flotar con relación al terreno, por lo tanto, es preciso prestar gran atención a la fijación de aquél sobre la fotografía: el mejor procedimiento consiste en cortar el calco con un formato ligeramente superior al de la fotografía que le corresponde y hecho esto se dispone la cara mate del calco hacia abajo y la fotografía aérea encima invertida y se la fija al calco con cinta adhesiva.

Terminada la transferencia se levantan las cintas adhesivas desplegándolas hacia el exterior con cuidado de no estropear la fotografía. Para fotografías observadas por transparencia, la sensibilidad y la precisión de las punterías estereoscópicas decrece a causa de la falta de contrastes de luminancias entre los puntos.

Con los datos obtenidos de las fotografías, se dibujará el mapa base, en el que se representarán las poligonales corridas, las divisorias, talwegs, poblaciones, caseríos, cursos de agua

y los accidentes de importancia.

2.4.12 Ventajas y Desventajas del Método Aéreo

La cercana y constante relación de los estudios aéreos con las otras fases de la ingeniería, hace que forme parte integral de cualquier proyecto, de llegarse a la conclusión de que su empleo no constituye un hecho aislado, sino una parte esencial en el conjunto. La información y el detalle suficiente podrá ser obtenido mediante el uso planificado de la fotogrametría y de los estudios aéreos.

Los estudios aéreos se están usando extensivamente en las etapas de reconocimiento y estudios preliminares de carreteras; precisamente las etapas en que se requiere al máximo el conocimiento integral del problema para hallar la mejor solución, asegurando precisión comparable a métodos terrestres. El estudio de las variantes de un trazo, se efectúa con ventaja desde el aire porque se obtiene una impresión visual de conjunto de la posición de la ruta elegida con relación al terreno circundante.

Las ventajas del trazo por métodos aéreos son

más notables en terrenos bien desarrollados, de perfil moderado, donde ya se han establecido puntos de posición que pueden ser empleados como control para la confección del mapa. Esta técnica es particularmente útil en los terrenos forestales, pantanos o en otras áreas donde el reconocimiento terrestre es difícil.

Por lo general, se obtiene la información en menor tiempo y menor costo que por métodos terrestres, obteniéndose usualmente una faja de terreno más ancha, permitiendo un estudio más completo de la ruta.

Se requiere menos personal técnico, lo cual es importante especialmente en zonas en que los ingenieros no son suficientes.

Se podrá hacer el estudio preliminar sin alarmar a los pobladores ni servir de aviso para que los especuladores aumenten el valor de los terrenos en la ruta, ya que la fotografía aérea mediante la estereoscopia permite que los estudios se realicen en el gabinete.

También la defensa nacional y las actividades militares se ven de esa manera respaldadas con

un nuevo factor de seguridad que gira alrededor de las fotografías aéreas.

Los sistemas aéreos permiten visualizar aspectos que pasan desapercibidos para el observador terrestre, dando especial énfasis a los centros poblados; a zonas agrícolas, zonas con potencial recreativo o zonas que permitan un rápido desarrollo a corto o largo plazo.

Sirven también para relacionar el probable tráfico, así como los estudios de origen y destino, con el uso de la tierra y los cambios en el medio físico o probable deterioro de los recursos naturales que pueden ocurrir derivados de la nueva carretera. Nos permite el menor daño posible a la propiedad.

La necesidad de trabajos topográficos convencionales sobre el terreno puede ser reducida a los trabajos de control, relleno y a los estudios de la naturaleza del suelo, así como a otros estudios similares.

Cuando el área en estudio sea pequeña, digamos menor de 5 hectáreas; cuando el mal tiempo o el exceso de vegetación no permite obtener los

vuelos necesarios con la suficiente precisión, o cuando existan mapas que contengan los datos necesarios; no convendrá utilizar los sistemas aéreos por resultar antieconómicos e innecesarios.

Los métodos terrestres se usan en terrenos fuertemente boscosos donde el observador no pueda ver el terreno ni distinguir las irregularidades menores en la superficie y cuando se trata de terrenos exactamente planos, en los que el nivel de aguas altas controla el trazo.

El trazador deberá por consiguiente, estar preparado, aún en esta época moderna, para trazar ocasionalmente siguiendo tradicionales métodos de trazo sobre el terreno.

2.4.13 Los Mapas Básicos

Los mapas básicos de un territorio, que en general constituyen una cartografía regular (en la que el error probable planimétrico respecto a un sistema de referencia no excede el error gráfico: al realizar el pinchado de los puntos) y donde figura el relieve, son un auxiliar sumamente eficaz para la explotación rápida y

rentable de la información contenida en las fotografías. Proporcionan una red de puntos de coordenadas conocidas, de suficiente densidad en la mayor parte de los casos para que la mayoría de las transferencias de detalles planimétricos se reduzcan a sencillas interpolaciones.

Merced a la representación altimétrica, son utilizables también para aplicar correcciones de altitud que nos permitirán detectar las deformaciones debidas a las variaciones de la misma.

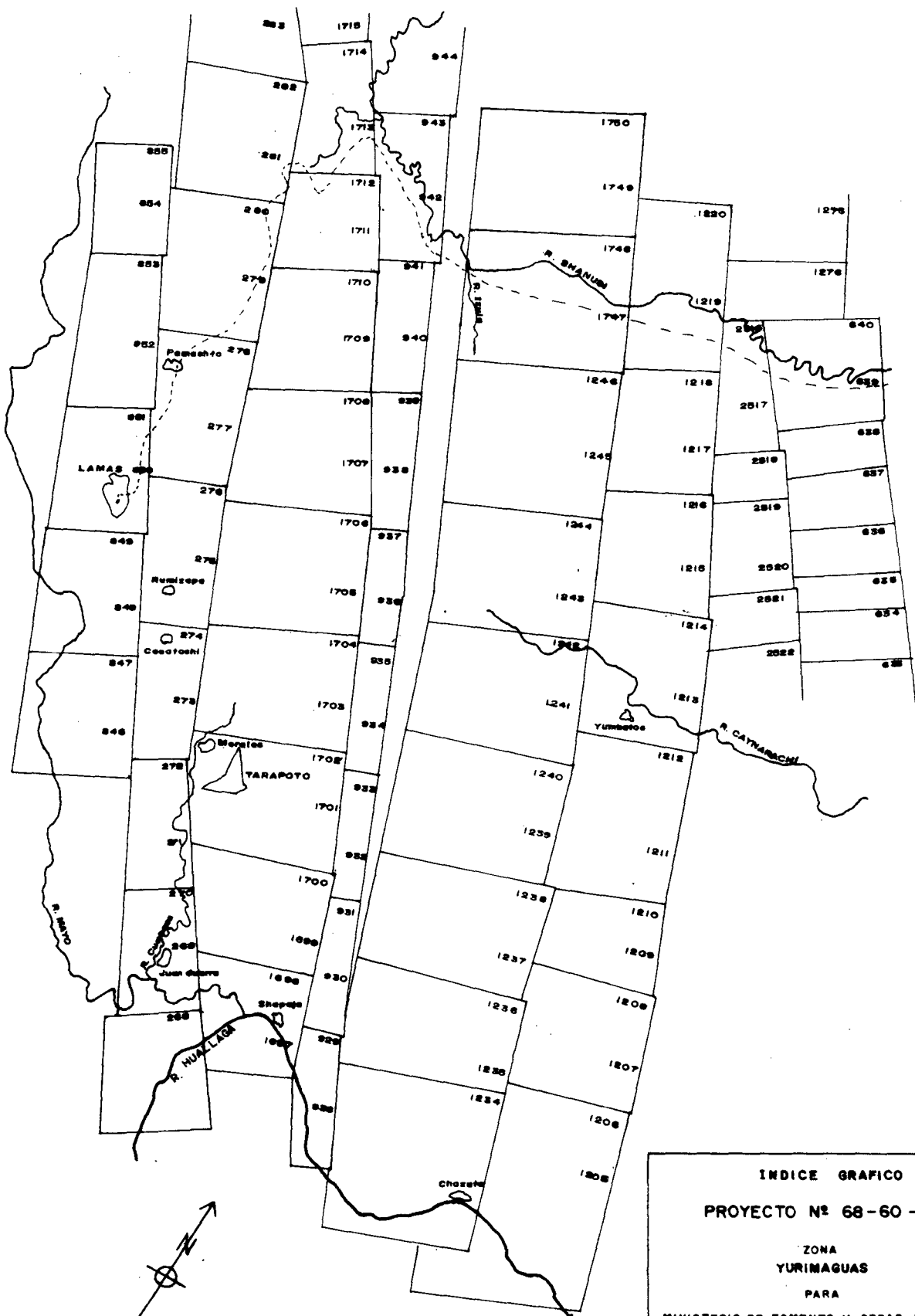
Es producido por levantamientos originales para dar cobertura sistemática de un área o país y desde el cual se pueden derivar otros mapas.

- a) Fotoíndice.— (o índice gráfico) Es un documento fotográfico elaborado a partir de un bloque de fotografías aéreas generalmente del total del terreno cubierto a través del vuelo fotogramétrico.

El fotoíndice permite la observación global y rápida del área cubierta por un

FIGURA Nº 11-12

FOTOINDICE



INDICE GRAFICO

PROYECTO Nº 68-60 - A11

ZONA
YURIMAGUAS
PARA

MINISTERIO DE FOMENTO Y OBRAS PUBLICAS

Escala de vuelo (aprox.) 1:40,000

SERVICIO AEROFOTOGRAFICO NACIONAL

Agost. - Set.

1961

proyecto de vuelo; además a través del fotoíndice se observa el orden correlativo de las F.A. y por fajas, así como el recubrimiento de las fotografías aéreas, selección de áreas de trabajo y la manipulación de las mismas. Se indica el número de la misión o proyecto aéreo y su ubicación dentro de una región mayor o país. (Vea Fig. II-12)

- b) Fotomosaico.— Es el ensamblaje sistemático de fotografías consecutivas de una o varias fajas haciendo coincidir en la mejor forma posible líneas de empalme y de esta manera obtener una imagen continua de una vasta región. Existen tres tipos de mosaicos:

No controlados, se busca la coincidencia de detalles y no se utilizan puntos de control. Las medidas de distancias y áreas no ofrecen ninguna garantía, debido a que se emplean fotografías sin rectificar.

Semicontrolados, cuando se emplean fotografías sin rectificar pero utilizando puntos de control planimétricos. En este

caso la escala será más uniforme que en el caso anterior y de cierta garantía para terrenos planos, relativamente menor en terrenos montañosos.

Controlados, se emplean fotografías rectificadas (corregidas por inclinación y ajustada la escala) y se utilizan puntos de control (coordenadas conocidas). La escala es uniforme y relativamente exacta.

Los fotoíndice y mosaicos son de gran utilidad en todo trabajo de planeamiento ya que muestran en una sola imagen fotográfica una gran extensión de terreno, pero no se puede obtener visión estereoscópica (impresión tridimensional).

- c) **Fotocarta.**- (o mapa fotográfico) Es la reproducción de un fotomosaico controlado o sin control, en las cuales se han agregado: un cuadriculado, datos marginales y toponimia (nombre de lugares).

2.4.14 Contribución de las Fotografías Aéreas a la representación del Terreno proporcionada por los Mapas

Las fotografías aéreas y más si son recientes, constituyen un instrumento inigualable; sobre todo si son de escala media, proporcionan una seguridad que ningún mapa o plano puede dar por la riqueza y objetividad de las informaciones que contienen.

Las F.A. merced a la observación estereoscópica, contraponen a la uniformidad de signos convencionales del mapa, detalles (tanto más numerosos si es reciente y a gran escala) y una dimensión suplementaria que facilitan la localización, por ejemplo: se podrán distinguir los árboles más o menos elevados de una alineación, los movimientos de terreno se podrán estudiar en conjunto y directamente, mientras que la representación cartográfica por curvas de nivel es, a la vez, más abstracta e incompleta, puesto que se limita a un estudio por secciones del terreno en intervalos prefijados.

En efecto, el procedimiento de las curvas de nivel presenta lagunas, sobre todo cuando se

trata de representar las líneas de cambio de pendiente sobre las vertientes o las divisorias.

Las F.A. estereoscópicas, por proporcionar una descripción continua del terreno que abarcan, permiten salvar estos inconvenientes y completar la cartografía existente, mediante el trazado de líneas notables, determinándolas por interpolaciones respecto a las líneas que figuran en el mapa: de este modo se podrá localizar con precisión los rebordes de terrazas, normalmente mal representados en los planos topográficos. Pero se reconoce que los mapas modernos de levantamientos regulares dan un detalle altimétrico de gran calidad.

Cuando no se dispone de base cartográfica, el examen de las fotografías aéreas puede indicarnos los métodos más adecuados para la explotación de las mismas.

Diferencias entre una F.A. Vertical y un Mapa

FOTOGRAFIA VERTICAL	MAPA
Es una proyección central.	Es una proyección ortogonal.
La correspondencia entre la fotografía y el terreno es una perspectiva cónica, cuyo centro es el punto principal de la fotografía.	La correspondencia entre el mapa y el terreno es una perspectiva particular, cuyo centro está en el infinito.
Representación no correcta geoméricamente.	Correcta representación geométrica.
Todos los detalles son visibles.	Detalles seleccionados.
Fotointerpretación.	Leyenda de explicación.
Representación real del terreno.	Representación abstracta de la tierra.
El texto reduce su valor.	Necesita de texto.
Amplificación o reducción directamente de la cámara.	Ampliaciones o reducciones de más del 25% exigen volver a dibujar.
Se reproduce en pequeñas cantidades.	Se reproduce en grandes cantidades.
No indica medición de relieve.	Curvas de nivel, cotas, toponimia.

2.4.15 Fotointerpretación

Se define como el estudio de las fotografías aéreas, cuya finalidad es el reconocimiento o identificación de objetos y la deducción de su significado a partir de sus imágenes fotográficas, captando todos los detalles que en ellas se encuentren.

2.4.16 Fases de la fotointerpretación

- a. Fotolectura.- Es el reconocimiento e identificación de los objetos. Consiste en extraer de las F.A. una imagen clara y completa como sea posible de las condiciones del terreno, según sus características pictóricas y morfológicas (tonalidad, forma, tamaño, textura); comenzando por la identificación de los elementos topográficos individuales como: colinas, valles, cursos de agua, caminos, construcciones, etc. e integrando estas observaciones dispersas en una visión conjunta del terreno considerándolo como un todo.

Es recomendable al examinar las F.A. evitar las aceleradas interpretaciones que podrían conducirnos a erróneos resultados, sobre todo al interrelacionar los diferentes elementos de la cobertura terrestre: vegetación, agua, relieve, etc.

Un fotogrametrista trabaja a este nivel, es decir, al nivel de fotolectura.

- b. Fotoanálisis.- Comienza con la elección de los rasgos a analizar, por ejemplo un geólogo deberá medir pendientes, buzamientos de las capas geológicas, para él la vegetación constituye un obstáculo por lo que deberá descartarla en lo posible de su análisis.

Toda diferencia en los elementos analíticos indica diferencias en las condiciones del terreno, es decir, unidades diferentes que conducen a una clasificación.

La fase esencial consiste en aproximar por simple comparación, los elementos característicos individuales, esforzándose en establecer y comparar su identidad.

Buringh (1960), dice que los elementos están definidos y clasificados según sus analogías, es decir, según sus características físicas o culturales, distintas o variables de la superficie terrestre.

2.4.17 Métodos de Fotointerpretación

- a. Análisis de patrones.- Se basa este método en la identificación de las mayores unidades del paisaje y la división de éstos en unidades mas pequeñas, caracterizados por los llamados "elementos patrones locales".
- b. Análisis de elementos.- Método desarrollado por BURINGH que analiza sistemáticamente aquellos elementos que se saben pueden tener alguna relación con las condiciones del estudio específico, determinando la zona idónea a estudiar. La clasificación resultante de unidades es usada como base para trabajos de campo.
- c. Análisis fisiográfico.- Este método se basa en un conocimiento profundo de los procesos fisiográficos (evolución y modificaciones de los relieves terrestres) y su relación en las fotografías aéreas, fundamentado en el estrecho vínculo que existe entre las formas de paisaje y las características de los suelos que involucran.

2.4.18 Elementos a observar en la Fotointerpretación.

a. Color

El color de una fotografía es una propiedad de la superficie de la tierra, manifestada según las condiciones del campo. El término color es usado para indicar todos los tonos diferentes del gris en una fotografía pancromática.

b. Análisis de Tonalidad y Textura

La tonalidad en las F.A. en blanco y negro hace referencia a los matices del gris de las imágenes, la tonalidad es una clave para la identificación de objetos pues cuando se ha sometido a la película a un tratamiento hasta alcanzar un nivel de contraste y si las dos imágenes tienen la misma tonalidad se puede afirmar que los objetos son del mismo color, tienen la misma cantidad de humedad, reciben la misma cantidad de luz de la misma longitud de onda y desde la misma dirección, tienen superficie de textura similar (apariencia de los objetos en la F.A.), esto natural-

mente que tiene algunas restricciones como cuando las áreas de grises a comparar son muy pequeñas.

c. Tipo de Tierra

Constituye muchas veces la unidad mayor de fotointerpretación, y según el análisis se divide el área en unidades homogéneas, a los cuales se les puede llamar paisaje, tipo de terreno, tipo de forma de terreno.

d. Relieves

El relieve es un elemento importante en la determinación de la naturaleza y magnitud de los distintos procesos que forman el suelo, tales como erosión o drenaje.

Clasificación de relieves

Mega-relieve; contiene mares

Macro-relieve; cadena de montañas, planicies

Meso-relieve; colinas, mesetas, diques naturales, etc.

Micro-relieve; ondulaciones de orillas meándricas.

También se pueden individualizar los relieves en cóncavos y convexos.

Análisis de las formas del relieve

Las montañas, valles y llanuras que forman la superficie de la tierra son un fiel reflejo de los materiales de que están formados y de las fuerzas que las han originado.

Cuando estamos estudiando las formas del relieve en un estereopar como un modelo reducido y minuciosamente detallado, estamos haciendo un estudio cualitativo del mismo.

La fotointerpretación debemos hacerlo teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- . Las formas del relieve dependen de los agentes que las producen, el tipo de naturaleza de la roca, el clima, el tiempo que ha estado expuesta y el ambiente en general.

- . Las fracturas, son roturas de la corteza terrestre rocosa a lo largo de los cuales se ha producido un movimiento.
- . La meteorización, es la respuesta de los materiales de la corteza a los cambios en la energía total del ambiente.
- . El agua de lluvia es normalmente un ácido débil y uno de los disolventes más activos de la corteza de la tierra.

Representación del Relieve del Territorio Peruano

El aspecto geofísico de nuestro territorio tan ligado con los caminos, cobra especial interés por ser un país de un relieve excepcionalmente accidentado con grandes diferencias altitudinales que son un obstáculo para el desarrollo vial del país y un reto para la ingeniería vial.

Una visión orográfica del territorio peruano, puede obtenerse mediante el empleo de secciones o perfiles transver-

sales generalizables, trazados a la altura de determinadas latitudes en forma tal que pueden expresarse con poco error las condiciones gobernantes en la zona representada. En el Gráfico Nº 4 se observan cuatro perfiles transversales, destacando por su singularidad dos de ellos:

1. El primero, al Sur de la Zona Central, un corte según el paralelo 12° Sur presenta el macizo andino conformado por elevadas cumbres y varias depresiones formando valles interandinos de gran extensión.

La Cordillera Occidental, divisoria continental de las aguas que van al Océano Pacífico, de las que van a conformar la cuenca del río Amazonas; en este perfil presenta la mayor extensión de su base con diversos contrafuertes y ramificaciones que se dirigen hacia el Nudo de Pasco, accidente geográfico de suma importancia por su imponente aspecto fisiográfico y por dar origen a cinco grandes ríos: El Marañón y el Huallaga que se

dirigen al Noroeste, el Perené y el Pachitea al Nordeste, y el Mantaro hacia el Sur.

Este perfil se inicia con un tramo costanero de muy reducido ancho para luego ascender con pendiente muy pronunciada hacia la cumbre de la Cordillera Occidental, *divortium aquarum* de los ríos Rímac y Mantaro. De este vértice el perfil desciende en una sucesión de contrafuertes cortados por una serie de valles, como los del Mantaro que lo cruza por dos veces y luego el Apurímac; de donde se asciende por la vertiente occidental de la Cordillera Central a la línea de cumbres a 4,000 m.s.n.m. divisoria de las aguas de los ríos Apurímac y Urubamba.

La Cordillera Oriental, que separa la región interandina de la Selva Amazónica divide también las aguas del Urubamba y del Madre de Dios; pierde su esbeltez en este perfil, al estar conformada por diversos contrafuertes

de muy reducida altitud y cortada por diversos ríos como el Urubamba, Paucartambo, Manú, y otros.

2. El segundo, al Norte de la Zona Central, un corte hecho a la altura del paralelo 9°, nos muestra en toda su magnificencia geográfica la gran muralla andina conformada por grandes cumbres y profundas depresiones. Así tenemos que a partir del mar y tras una corta longitud de llanura costanera se produce un brusco levantamiento del macizo andino con su primer vértice en el ramal denominado Cordillera Negra, que separa las aguas que van directamente al Pacífico de las que drena el río Santa.

Descendiendo por el flanco oriental se alcanza el cauce del río Santa en el Callejón de Huaylas; de allí se llega al segundo vértice del perfil en la Cordillera Blanca a 6,600 m.s.n.m. línea de cumbres de mayor altitud de los Andes peruanos.

PERFILES TRANSVERSALES DEL RELIEVE DEL TERRITORIO PERUANO

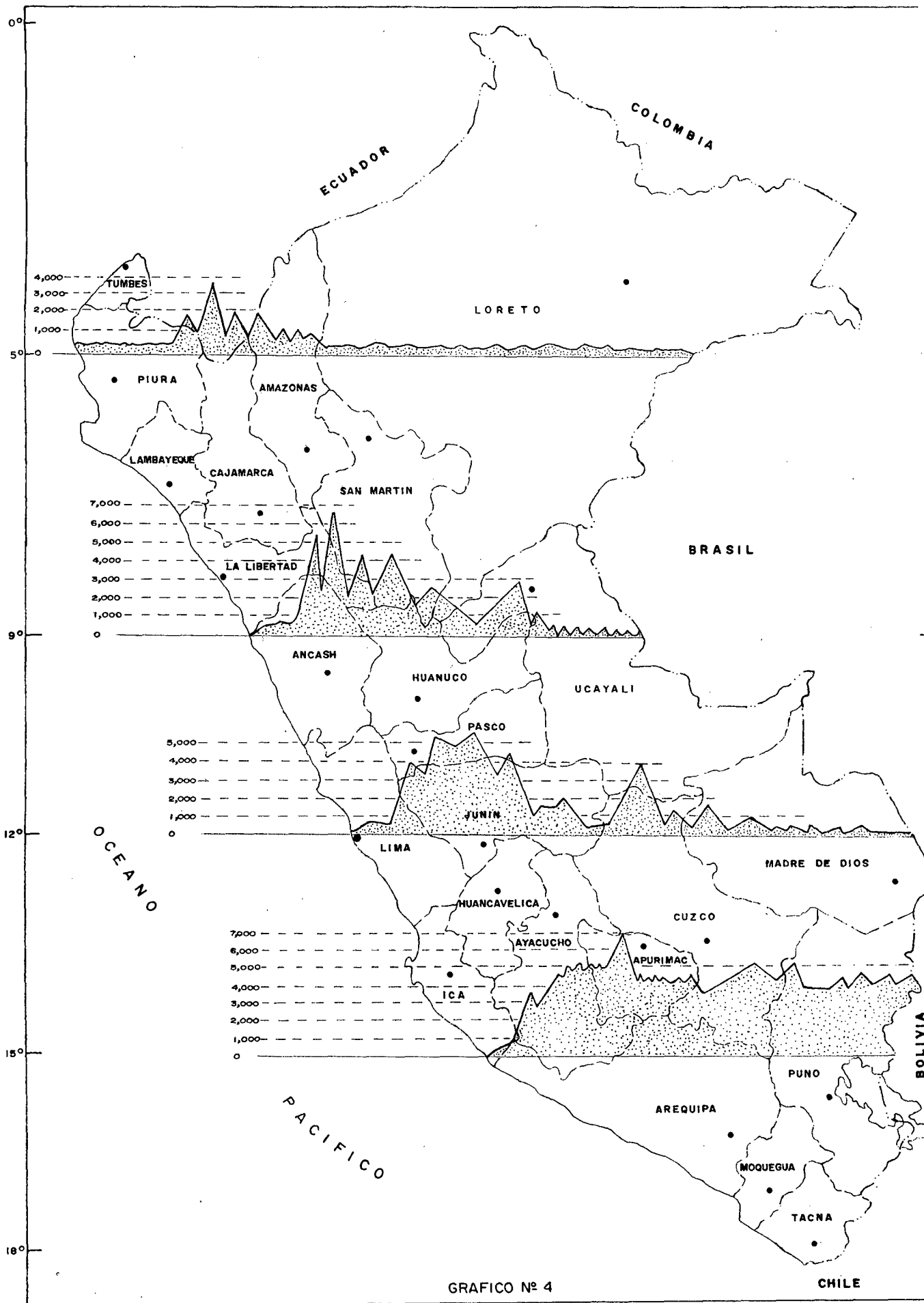


GRAFICO Nº 4

CHILE

De este lugar la línea de perfil desciende bruscamente al fondo de la segunda depresión formada por el río Yanamayo, para de nuevo ascender por los contrafuertes de la vertiente oriental de la Cordillera Occidental, hasta alcanzar el tercer vértice a 4,100 m. aproximadamente, para de nuevo descender a la tercera depresión en el cauce del río Marañón a los 1,800 m., de donde se levanta el cuarto vértice en la cumbre de la Cordillera Central, que es el *divortium aquarum* (divisoria de aguas) de los ríos Marañón y Huallaga.

De este vértice la línea de corte desciende al valle del Huallaga alcanzando el fondo de la cuarta depresión en el talweg de este río, para luego ascender hacia la cumbre de la Cordillera Oriental que separa en gran parte de su curso las aguas del Huallaga y Ucayali, siendo cortada por el primero en el Pongo de Aguirre.

De esta línea de cumbres, descendemos nuevamente hasta el río Pachitea y después de un contrafuerte, el alto Ucayali; alcanzando con suave pendiente el llano amazónico, zona que en este perfil, es de reducida longitud en el territorio peruano.

Por los perfiles de Oeste a Este descritos, se comprende que para unir dos puntos a lo ancho del territorio, es necesario conocer previamente la altitud de los lugares que se trata de alcanzar con una carretera. Es un mandato ineludible de la naturaleza que tenemos que vencer los contrafuertes del Sistema Andino para llegar a la Selva Ubérrima.

e. Forma de Pendiente

Es considerada como una parte del relieve general, pero que se le puede tomar como un elemento separado. Una de las condiciones más importantes que nos dice la pendiente es respecto a la cohesión del suelo que determina el ángulo y forma de la pen-

diente cuando la erosión está actuando sobre el paisaje, (cohesión alta = pendiente fuerte; cohesión baja = pendiente suave).

f. Condición de Drenaje

Es un análisis que se hace teniendo en cuenta la época en que se realizó el vuelo, así por ejemplo, el agua actúa como un espejo y si la posición del sol es tal que la parte de luz reflejada penetra directamente a la cámara, esta zona en la foto correspondiente se mostrará clara.

g. Patrón de Drenaje

Constituye la primera fase para abordar la fotointerpretación.

En el análisis fotointerpretativo se considera tres grupos diferentes de patrones o formas de drenaje superficial:

Patrón de drenaje de los terrenos aluviales

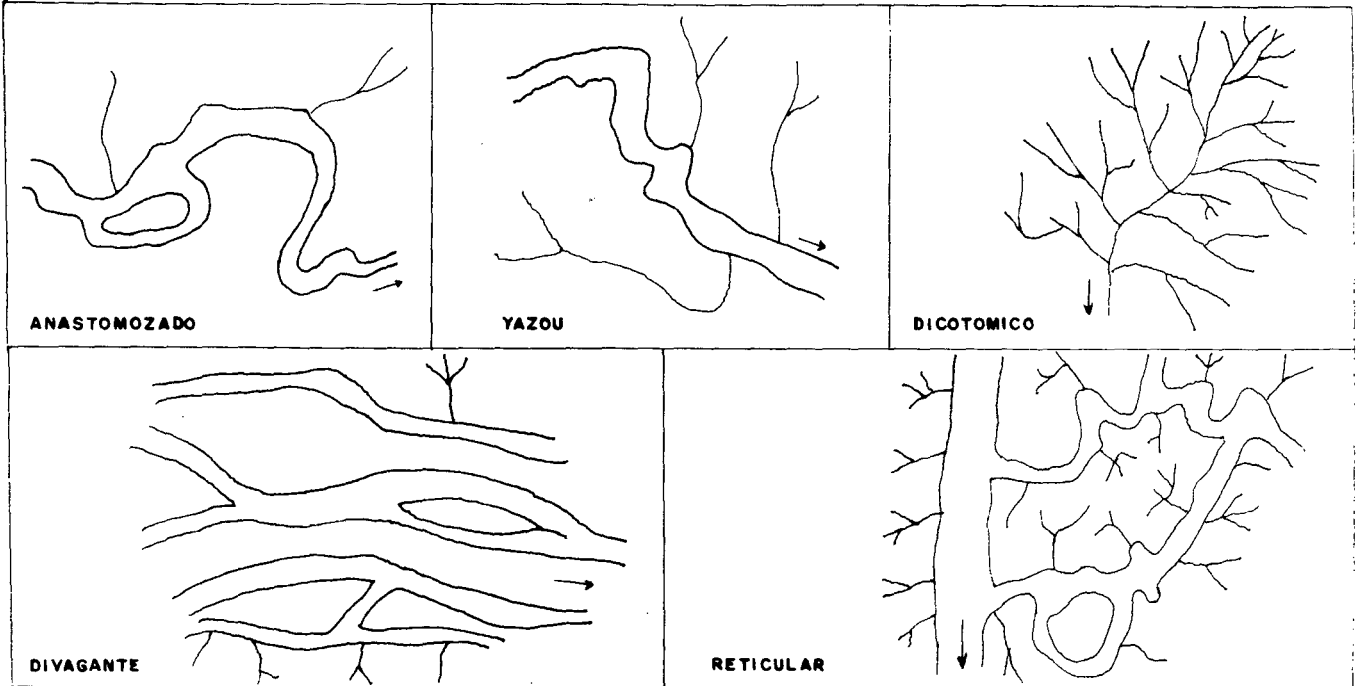
- i. Patrón Anastomozado; formado por los meandros y lechos entremezclados. Se halla en zonas de selva.
- ii. Patrón Yazou; se encuentra en los diques naturales cuando éstos fuerzan a los afluentes a correr paralelamente a su curso antes de juntarse.
- iii. Patrón Dicotómico; se encuentra sobre los conos aluviales con canales de drenaje centrífugo.
- iv . Patrón Divagante; se desarrolla donde la sedimentación es excesiva.
- v . Patrón Reticular; se encuentra en la unión de los cursos de agua en las llanuras costeras bajas donde se hace sentir el efecto de las mareas.

**Patrones de drenaje en zonas de erosión
sin influencia estructural**

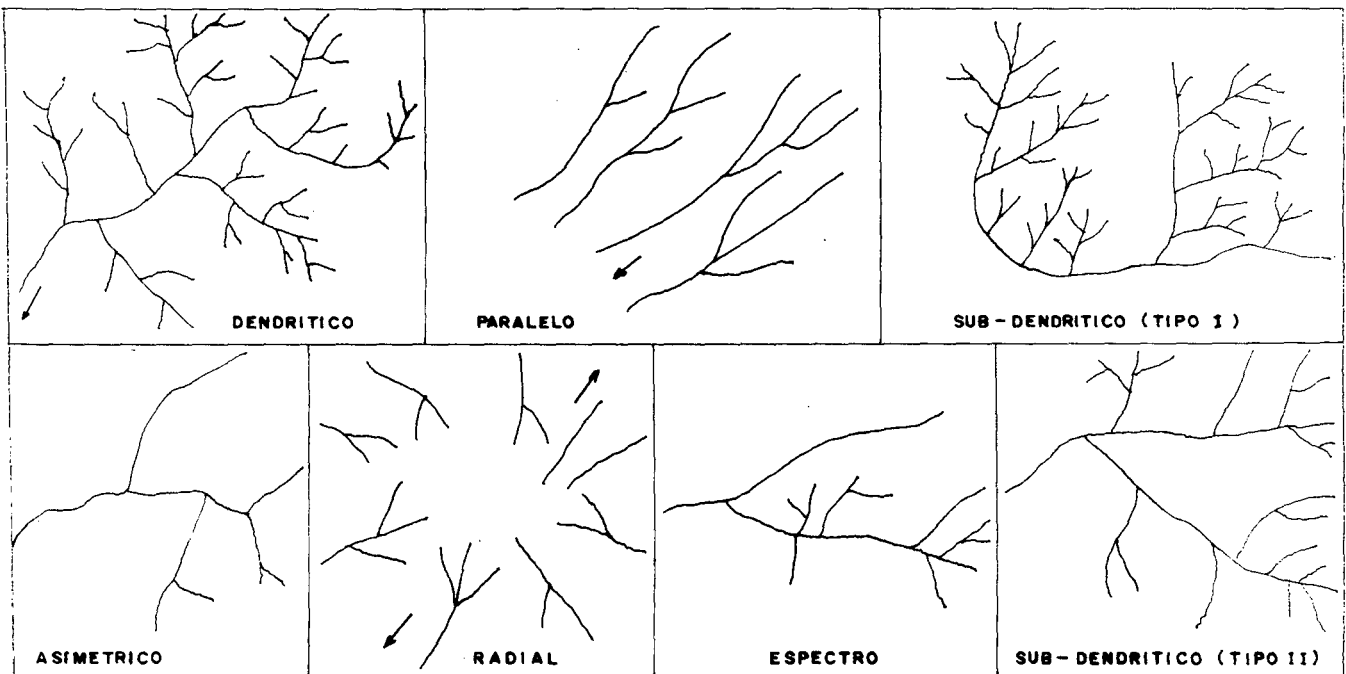
- i. Patrón Dendrítico; es el más común de todos, tiene un desarrollo libre y se asemeja a un árbol y sus ramas. Las ramas tributarias confluyen con los ríos del orden inmediato inferior con el mismo ángulo aproximadamente. Se encuentra en zonas de sierra.
- ii. Patrón Paralelo; se desarrolla si la influencia general de la pendiente es pronunciada.
- iii. Patrón Sub-Dendrítico y Sub-Paralelo; son las formas de transición donde la estructura geológica tiene ligera influencia en el curso.
- iv . Patrón Radial; este tipo se identifica generalmente en conos volcánicos. Puede ser centrífuga o centrípeta.

TIPOS DE PATRONES DE DRENAJE

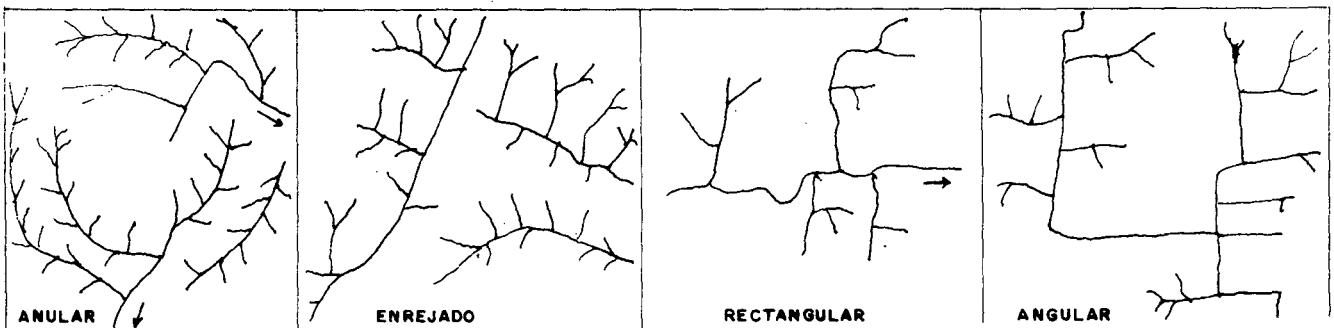
-DRENAJE DE LOS TERRENOS ALUVIALES



-DRENAJE EN ZONAS DE EROSION SIN INFLUENCIA ESTRUCTURAL



-DRENAJE EN ZONAS DE EROSION CON INFLUENCIA ESTRUCTURAL



Patrones de drenaje en zonas de erosión con influencia estructural

- i . Patrón Anular; se halla en lugares donde los lechos están expuestos a erosión, y cuando la formación estructural se presenta como una bóveda o domo.
- ii. Patrón Enrejado; se caracteriza por los ríos largos, bastante rectilíneos, este tipo se encuentra en regiones sedimentarias con capas en la misma dirección y paralelas a las fallas.
- iii. Patrones Angulares y Rectangulares; se caracterizan por numerosas curvas en ángulo de los ríos, debido a fallas. (Ver Fig. II-13:Patrones de Drenaje)

Análisis de las Redes de Esgurrimiento Superficial.

El drenaje superficial está afectado por varios factores entre los cuales se hallan: pendientes

iniciales de la superficie del suelo, diferencias de dureza de la roca, estructura del material parental (roca madre), textura del suelo, topografía, canales artificiales, vegetación, evaporación, clima, frecuencia e intensidad de las lluvias.

El tipo de drenaje superficial regional y el tipo de relieve están íntimamente relacionados y su entendimiento ayuda a una mejor comprensión del significado de las formas del relieve.

El agua que fluye por la ladera de una colina busca el camino más fácil que es el que sigue la pendiente más fuerte y si ésta se interrumpe por el afloramiento de roca, el agua puede cambiar de dirección; además, hay que señalar que los suelos poco compactos pueden ser lavados para formar pendientes más fuertes.

2.4.19 Instrumentos empleados en Fotointerpretación

La observación estereoscópica de pares de imágenes es absolutamente indispensable. Muchos detalles, que no pueden identificarse con seguridad en la imagen suelta a consecuencia de pocos contrastes, sombras o deformaciones pers-

pectivas, se muestran al observador en el modelo óptico bien visibles.

Estereoscopio

Es un instrumento óptico que nos permite obtener la imagen tridimensional de un par de fotografías aéreas consecutivas.

Tipos de estereoscopios:

Estereoscopio de bolsillo.- Es el tipo más sencillo, ligero y fácil de transportar, puede ser utilizado directamente en las copias por contacto pero en igual forma en los estereogramas preparados especialmente; la ampliación que se logra es de 2.5 a 3 veces.

El estereoscopio de bolsillo presenta algunos inconvenientes como:

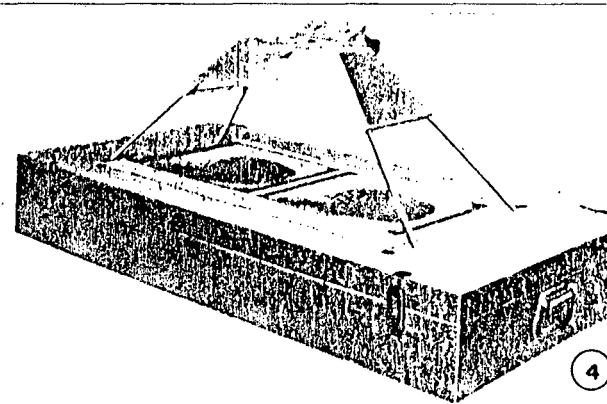
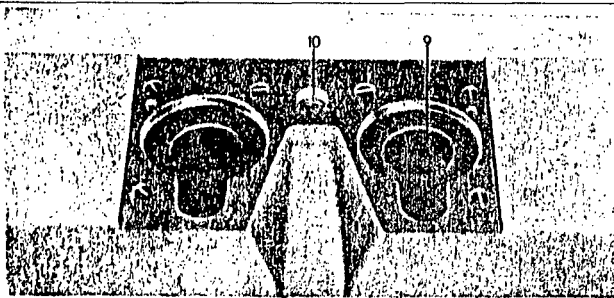
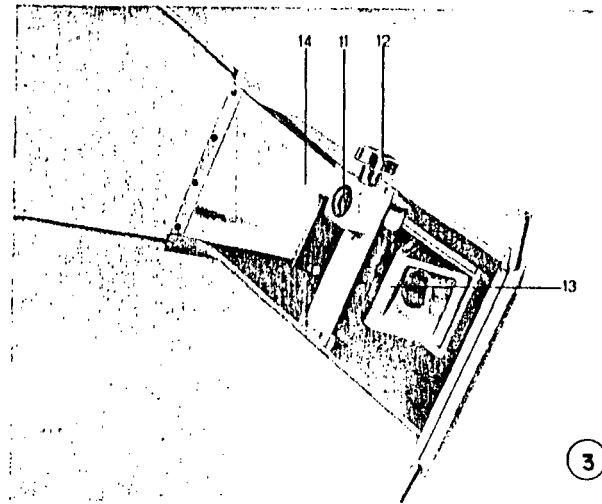
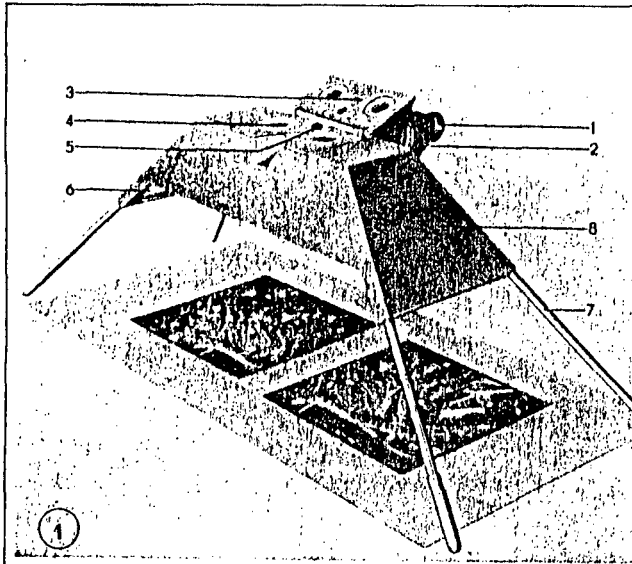
- . Debe utilizarse en una posición estable.
- . Las fotos deben ser puestas estrechamente espaciadas limitando la observación de la foto.
- . No facilita el dibujo sobre la foto.

Estereoscopio de espejos.— Es un instrumento que posee espejos oculares, un sistema de espejos exteriores y lentes oculares. Para la observación de detalles ha de intercalarse en la marcha de los rayos el dispositivo de visión oblicua que posee anteojos sobreponibles (binoculares) que dan ampliaciones de 3.5 veces (Fig. II-14). Un accesorio de mucha utilidad es la barra de paralaje que permite efectuar mediciones de diferencias de nivel de las imágenes, así como restituciones por dibujo del contenido de la imagen.

El tiempo empleado en la restitución de una fotografía es más largo que el empleado en los aparatos restituidores de precisión. Pero, en cambio, el estereoscopio de espejos presenta la ventaja de permitir una descentralización grande de las tareas a realizar, como son el examen minucioso de las imágenes, etc., debido a su menor costo y a la simplicidad de su empleo.

El estereoscopio de espejos, supera todas las limitaciones de un estereoscopio de bolsillo, así por ejemplo:

ESTEREOSCOPIO DE ESPEJOS CARL ZEISS



① Estereoscopio de espejos

- 1 antejo sobreponible
- 2 dispositivo de presión para el antejo sobreponible
- 3 dispositivo de visión oblicua, replegado
- 4 lentes oculares
- 5 perno de enclavamiento para el aditamento de observación
- 6 gran espejo
- 7 pata del estereoscopio
- 8 caja de espejos

② Estereoscopio de espejos sin aditamento de observación

- 9 abertura para cristales de prueba
- 10 taladro para el perno de enclavamiento para el aditamento de observación

③ Aspecto del estereoscopio de espejos desde abajo

- 11 soporte para enchufar el estereoscopio de espejos sobre el perno de sujeción del aparato examinador de películas
- 12 tornillo de presión para la sujeción del estereoscopio de espejos al aparato examinador de películas
- 13 espejo ocular
- 14 espejo grande

④ Estereoscopio de espejos con dispositivo de iluminación trasluz

- . Permite una buena calidad de visibilidad con el máximo detalle.
- . Facilita un gran campo de visión, permitiendo la observación completa de un modelo de 23 x 23 cm., sin tener que cambiar la posición relativa del par de fotografías, generalmente colocadas a una distancia de 25 cm. entre puntos homólogos.
- . Ofrece una posición oblicua del ocular para evitar el cansancio de la vista del fotointérprete.
- . Tiene un espacio suficiente bajo las F.A. que facilita la iluminación y las anotaciones en las fotografías, lo mismo que las medidas con la barra de paralaje.

2.4.20 Conceptos para el Análisis Cualitativo o Interpretación Preliminar de F.A. Verticales

Estereoscopia

Es la ciencia de producir efectos tridimensionales partiendo de fotografías de dos dimensiones de objetos que tengan tres dimensiones, y los métodos mediante los cuales se producen estos efectos.

Visión Estereoscópica

Es la capacidad que tiene toda persona de poder apreciar las imágenes en su tercera dimensión, es decir percibir la profundidad y ver el relieve.

Casi cualquiera que tenga buena visión en ambos ojos, o con una visión que pueda corregirse puede adquirir la habilidad de examinar unos pares de fotografías aéreas en forma estereoscópica. Solamente con la práctica se adquiere la habilidad para hacer estudios estereoscópicos. Los esfuerzos iniciales quizá causen desengaño, pero a medida que aumenta la facilidad en los procedimientos, se vuelve rutinario el examen estereoscópico de las F.A.

Análisis Estereoscópico

El examen estereoscópico podemos practicar usando el estereoscopio de espejos y un estereopar a fin de conseguir un análisis detallado del terreno, estudio del drenaje, geología, carreteras, caminos, asentamientos humanos, vegetación; esta información la podemos recoger en una transparencia usando colores diferentes

para cada singularidad y de esta manera analizar y obtener un diagnóstico de los elementos estudiados.

Condiciones para la Observación Estereoscópica

El conjunto de dos fotografías aéreas consecutivas forman un par estereoscópico (estereograma) y la zona de recubrimiento común a las dos fotografías constituye el modelo estereoscópico.

- a. Para la observación estereoscópica sirven todos los pares de imágenes, cuyas imágenes parciales fueron fotografiadas desde distintos lugares de estación, pero mostrando el mismo encuadre; es decir, debe haber un área común en las dos fotografías.
- b. Condición para la formación de la impresión espacial es que las dos imágenes parciales del estereograma se ofrezcan a los ojos casi en el mismo tamaño; la escala de las fotografías debe ser aproximadamente la misma. La diferencia de escalas no debe pasar del 5%.

- c. Los ejes de toma de la cámara deben estar en el mismo plano.
- d. Cada ojo debe observar la imagen que le corresponde cuando las partes de la imagen de igual contenido queden internas.

Uno de los pasos más importantes y más difíciles consiste en colocar las dos fotografías en la posición apropiada en relación una de otra y con el estereoscopio; es lo que se conoce como "correcta orientación del par".

Observación Seudoscópica

A veces una imagen de tres dimensiones está invertida. Este efecto invertido o pseudoscópico se verifica al ver la fotografía del lado derecho con el ojo izquierdo y la fotografía del lado izquierdo con el ojo derecho, es decir cuando las zonas de recubrimiento están hacia afuera.

En la observación pseudoscópica llega a invertirse la sucesión de profundidad en el modelo espacial. Al tratarse de super-

ficies del modelo difícilmente abarcables, puede resultar conveniente aplicar tal observación en casos especiales.

Pequeñas profundidades en la superficie del modelo, difícilmente apreciables en la observación estereoscópica, se verán claramente como elevaciones al servirse de la observación seudoscópica. Esta condición puede corregirse invirtiendo las fotografías para restablecer su posición correcta.

Localización y Medición de Direcciones

El primer paso en la localización es la colocación de las fotografías formando un mosaico, si estamos trabajando sobre una cantidad considerable de fotos el tendido de éstas se harán de preferencia en el suelo, de lo contrario se utilizará una mesa.

Normalmente es preferible ubicar primero las fotografías de numeración alta, colocando hacia arriba los números respectivos ya que los números, anotaciones y otras

informaciones identificativas están en la parte alta (en la dirección del vuelo).

Cuando se ha completado el mosaico, toda la información de identificación estará a la vista y habremos conseguido una representación continua del terreno.

Determinación del Norte de la Línea de Vuelo

Lo primero que debemos hacer cuando estamos midiendo direcciones es buscar el norte y trazar una flecha o línea dirigida al norte sobre alguna de las fotografías por lo menos; los pasos recomendados a seguir son:

- . Seleccionar dos puntos que puedan identificarse tanto en el mapa como en la F.A.
- . Unir estos dos puntos con una línea recta.
- . Encontrar el azimut de esta línea en el mapa esto se hace alargando la línea hasta que corte un margen del mapa, recomendándose que sea el más alejado hacia el sur; esta línea será la línea base.

. Utilizando un transportador se mide el ángulo formado entre la línea base y el norte del mapa. Esta distancia angular se llevará a la fotografía, posteriormente se dibuja una flecha con dirección norte en la fotografía.

Identificación de los Objetos

La localización de los objetos identificados en las F.A. constituye una de las grandes preocupaciones de los fotointérpretes.

Para poder identificar fácilmente y con seguridad los objetos, éstos deben presentar en la fotografía un contraste suficiente respecto al fondo y una forma característica entre los de su alrededor. Sobre todo llaman la atención las formas bien definidas y no repetidas; finalmente diremos que su situación respecto a otros detalles juega un papel importante: alineaciones, proximidad, etc.

Los puntos más definidos son los determinados por la intersección de alineaciones del terreno (cruce de eje de caminos, esquinas de parcelas cultivadas), lo cual permite el "pinchado" de

las fotografías por visión o ubicación de detalles sin alterar su observación estereoscópica, mientras que un detalle puntual aislado de 0.2 mm., por ejemplo, queda destruido al realizar dicha operación.

Para esto es necesario usar el estereoscopio y efectuar una puntería estereoscópica (es decir, determinar la identificación de dos rayos homólogos) para el pinchado preciso.

Ubicación del Punto Principal y su Homólogo

Es fácil determinar el centro de una fotografía, intersección de las rectas que unen las marcas fiduciales, pero la determinación y picado de su homólogo (imagen del punto principal en la fotografía adyacente) en la otra fotografía del par es operación delicada y expuesta a errores, sobre todo en zonas desérticas y en zonas de selva.

Por esto se elige a veces en sustitución del centro un punto bien identificado, separado uno o dos milímetros de aquel, facilitándose de este modo la identificación de su homólogo en la otra fotografía del par de un modo más rápido y seguro.

La elección de un punto en la foto que se encuentra a menos de dos milímetros del centro equivale a una inclinación del eje inferior a un grado con una focal de 6 pulgadas (152.4 mm.). Esto supone para una visual de 10 cm. que sale del centro de la fotografía un error inferior a $1/10$ mm. y por tanto inapreciable.

Localización Precisa: Pinchado de Puntos

Esta operación es necesaria cuando el objeto es la obtención de datos de carácter regular o semirregular, sobre todo para determinar sobre una foto de un par el homólogo de un detalle puntual que figura sobre la otra fotografía, también para realizar una medida de precisión de la base de un par estereoscópico (separación óptica de las fotografías = distancia instrumental) del que depende la determinación del desnivel entre dos puntos medido con la barra de paralaje.

Se efectúa habitualmente con un alfiler. La precisión aumenta si se pincha con la ayuda de una lupa (uno de lo oculares del estereoscopio habitualmente); en estas condiciones suponiendo una imagen bien definida, se puede obtener una

precisión en el pinchado de $1/10$ mm. aproximadamente.

Una vez pinchados dos puntos homólogos, la potencia de la visión estereoscópica permite controlar la calidad de lo que se ha hecho; si las pequeñas perforaciones realizadas con la aguja se hicieron correctamente (circulares, finas y del mismo diámetro) se tendrá la impresión al observarlo estereoscópicamente de ver un solo punto a ras del suelo; si el pinchado no es correcto no se logrará la fusión o se fusionará mal, o también puede verse un punto por encima o por debajo del terreno (lo que es debido a un desplazamiento relativo de las perforaciones en el sentido de la base del par estereoscópico).

La observación de las fotografías sobre un tablero luminoso facilita la detección de los puntos localizados con pinchazos finos que aparecen como pequeñas manchas luminosas.

Base Instrumental del Estereoscopio de Espejos

La distancia o base instrumental, equivale a la distancia entre las líneas de visión que salen

de los centros de los espejos exteriores.

Juntamente con los espejos oculares, los espejos exteriores desvían la marcha de los rayos de observación de tal suerte que se extiende la base de observación normal (distancia interpupilar) a unos 250 mm. (Ver Fig. II-15)

La base instrumental es igual a la distancia entre puntos principales homólogos (separación óptica de las F.A.): 23-25 cm.

Proceso para la Determinación de la Base Instrumental

- En una cartulina (parte central) se dibuja una línea recta.
- Se coloca un punto "A" sobre el lado izquierdo de dicha recta.
- Colocamos el estereoscopio en la mesa y se gradúa la distancia interpupilar (60 mm. aproximadamente).
- Se desplaza el estereoscopio de manera que al observar con el ojo izquierdo, el punto

"A" se encuentre en el centro del campo de visión.

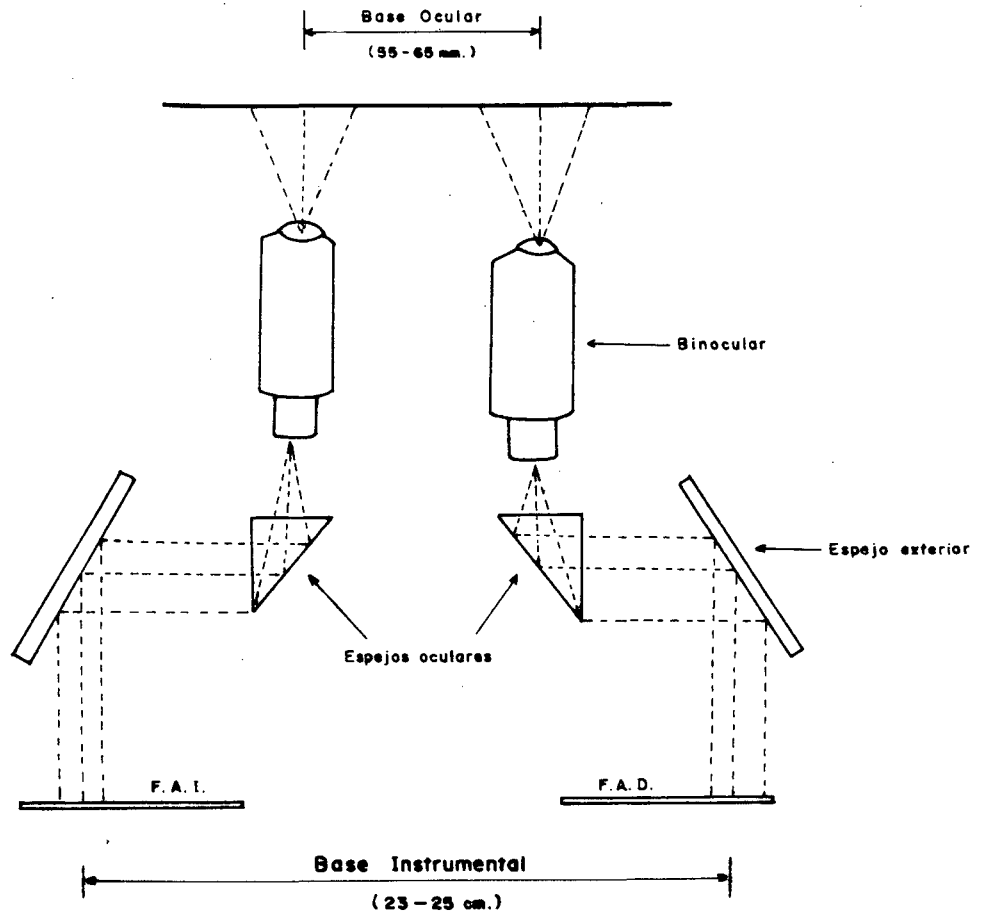
- Se observa con ambos ojos, si aparecen dos rectas paralelas giramos el estereoscopio hasta que haya coincidencia y aparezca una sola línea.
- Es en este momento que marcamos un punto "B" sobre la recta y en el centro del campo de visión que corresponde al ojo derecho.
- Al observar con ambos ojos, debemos ver solamente un punto. Esto se logra por la fusión de los puntos A y B en uno solo.

La distancia AB (medida en la cartulina) será la base o distancia instrumental (25 cm. aprox.).

Cuando hacemos uso de la barra de paralaje, este valor AB, se utiliza como un "valor de ajuste" de la barra de paralaje que corresponde a la distancia entre las marcas de medición. Este ajuste se realiza antes de efectuar la medición estereoscópica de puntos cualesquiera del modelo espacial.

FIGURA Nº 11-15

BASE INSTRUMENTAL DEL ESTEREOSCOPIO DE ESPEJOS



Orientación de las Fotografías Aéreas Verticales.

Obtener una perfecta visión estereoscópica, equivale a disponer la fotografía en la misma situación en que se encontraba en el momento de toma de vistas, de manera que los diferentes rayos que salen de su centro, sean paralelos a las proyecciones horizontales de sus homólogos del terreno (y con el mismo sentido).

Con vistas a un examen prolongado de un par estereoscópico es del mayor interés realizar un montaje correcto que consiste en orientar adecuadamente las fotografías, lo que se logra colocando los puntos principales (centros de las imágenes) y sus homólogos (centros transmitidos de las imágenes parciales contiguas) en una sola línea para cada par, independientemente del siguiente par. (Vea Fig. II-16).

Se determina el centro o punto principal de las fotografías (p_1 , p_2) intersectando las líneas que unen las marcas fiduciales.

Se marcarán luego los puntos homólogos (imágenes de dichos puntos principales) en ambas fo-

tografías del par ($p'1$, $p'2$). Ahora, ambas imágenes parciales han de desplazarse y girarse hasta conseguir que cada uno de los puntos marcados en ambas imágenes parciales se encuentren sobre una recta común (DD'). Esta línea representa casi fielmente la trayectoria de vuelo del avión (línea de vuelo). Debido a la desviación lateral (deriva), es posible que las líneas no sean perpendiculares a los bordes de la fotografía que intersectan.

Se fija la primera fotografía (por medio de cinta adhesiva) de modo que los dos puntos $p1p'2$ (línea de vuelo de la primera fotografía) se alineen sobre DD' . Se coloca a continuación la segunda fotografía, antes de fijarla, se verifica que $p'1p2$ estén también sobre DD' y que la distancia entre puntos homólogos (separación óptica de las fotografías), por ejemplo $p1p'1$ sea igual a la base o distancia instrumental (25 cm. aproximadamente).

Se examina el conjunto así montado con el estereoscopio de espejos para asegurar que no se ha cometido ninguna falta, tratando de que una línea imaginaria dibujada por los centros de los lentes estereoscópicos sea paralela a la línea de vuelo. La visión estereoscópica permi-

,te controlar la calidad de lo que se ha hecho.

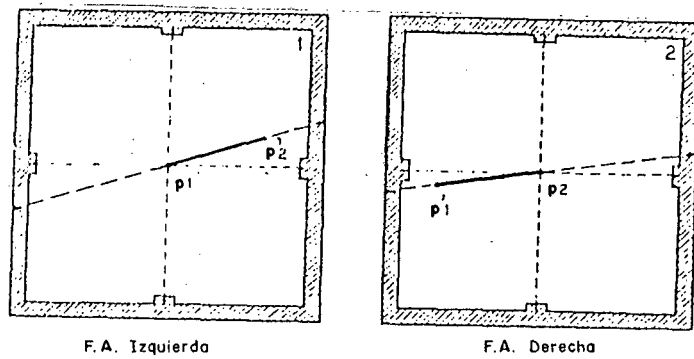
En los bordes de las fotografías se producen distorsiones que impiden una clara visión. En ese caso, se deberá desplazar una de las fotografías en dirección X o Y, pero siempre manteniendo el par, paralelo a su línea de vuelo.

En ningún momento deberá permitirse trabajar con las fotografías mal orientadas. Esa economía de tiempo puede causar malestares, dolores de cabeza y enfermedades visuales que afectarían al trabajo.

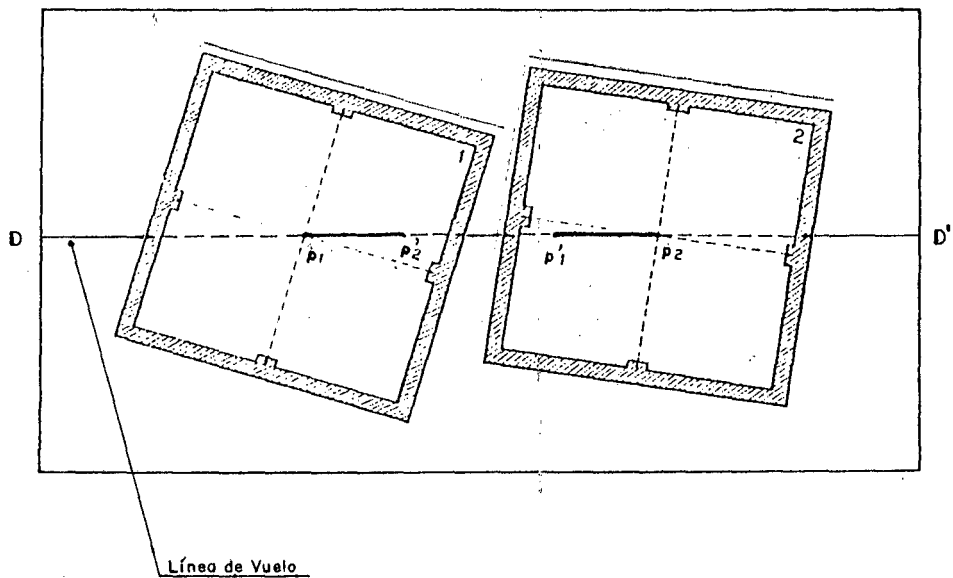
Los lentes del estereoscopio deben estar separados a igual distancia que la base de los ojos (base ocular) y ajustarse a los ojos de cada persona si se quiere ver apropiadamente un modelo estereoscópico. Si los lentes están espaciados más de lo debido, el modelo aparecerá cóncavo o en forma de plato. Si están espaciados menos de lo debido, darán una apariencia convexa o en forma de montículo. Todo espaciamiento incorrecto en ambos sentidos puede conducir a errores, por ejemplo, en la delineación del drenaje o en otras interpretaciones; además de producir cansancios prematuros y malestares.

FIGURA Nº 11 - 16

ORIENTACION DE LAS F.A.



MONTAJE DEL ESTEREOGRAMA



Las fotografías deben orientarse de tal modo, que las partes de la imagen de igual contenido se encuentren internas y que las sombras de los objetos se proyecten hacia el observador, esto ayuda a una buena visión del relieve. Las sombras proyectadas en dirección opuesta a la persona que está mirando pueden invertir la imagen estereoscópica.

Al tener el deseo de observar la imagen con los anteojos sobreponibles (binoculares), es preciso efectuar también la orientación con los anteojos antepuestos y obtener el máximo efecto estereoscópico. Esta orientación, de ningún modo debe variarse durante el procedimiento de la medición estereoscópica.

2.4.21 Bases Teóricas para un Análisis Fotogramétrico Cuantitativo.

Paralaje Estereoscópico.

Se llama paralaje al desplazamiento aparente de la imagen de un mismo punto en dos fotografías consecutivas, causado por el cambio en posición de la cámara en las dos tomas.

Si colocamos una fotografía sobre la otra:

El paralaje estereoscópico de un punto "R", es el desplazamiento que presenta el punto con respecto a los puntos principales:

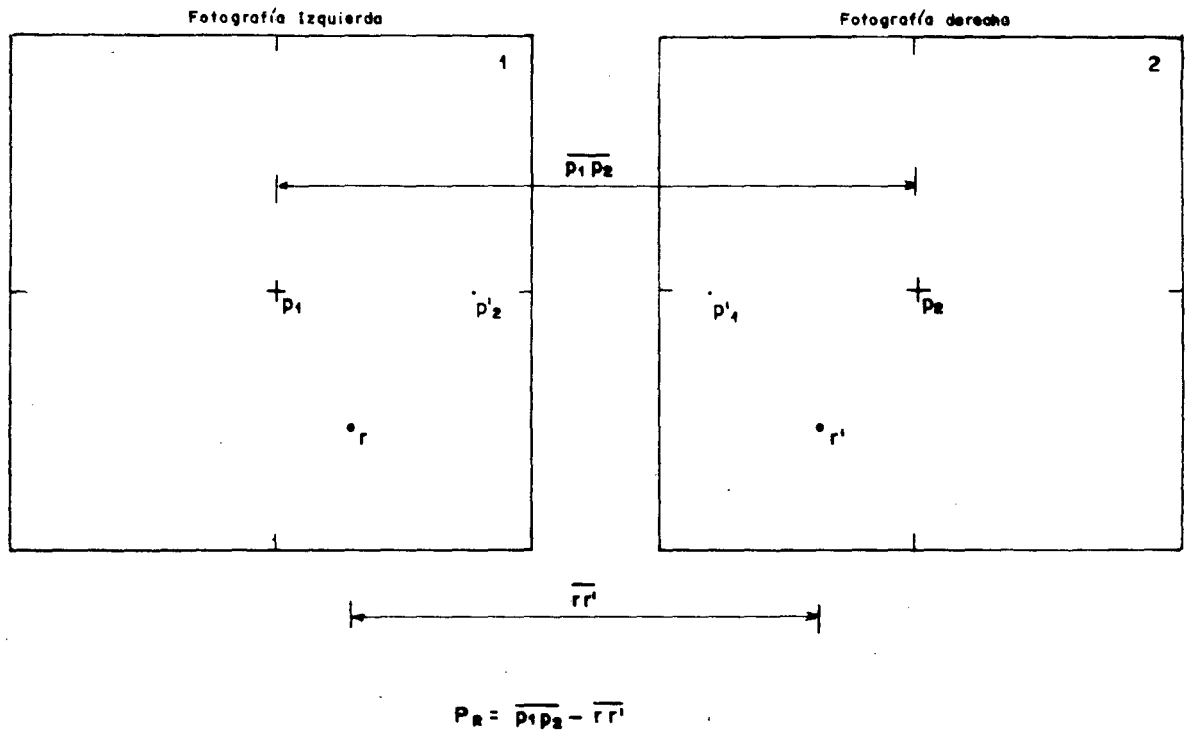
$$PR = p_1p_2 - rr' \quad (\text{Ver Fig. II-17a})$$

El paralaje de un punto de la superficie es función del relieve y en consecuencia un medio para calcular la elevación, también es posible calcular las coordenadas topográficas x,y a partir de la paralaje.

Marca Flotante

Si al observar un par estereoscópico se colocan referencias de medida (marcas idénticas) sobre puntos homólogos de las fotografías, las dos marcas se verán fusionadas en una sola con la imagen aparente del terreno, es decir, superpuestas y en tierra (R). Si una marca es movida hacia adentro ($r'1$) o hacia afuera ($r'2$) en dirección paralela a la línea de vuelo, la marca espacial será vista como flotando (R1) o enterrada (R2) con referencia al terreno; osea, se verá que la marca flotante sube o baja con respecto al terreno. (Vea Fig. II-17b)

Fig.(a).. PARALAJE ESTEREOSCOPICO DE UN PUNTO "R"



MARCA FLOTANTE

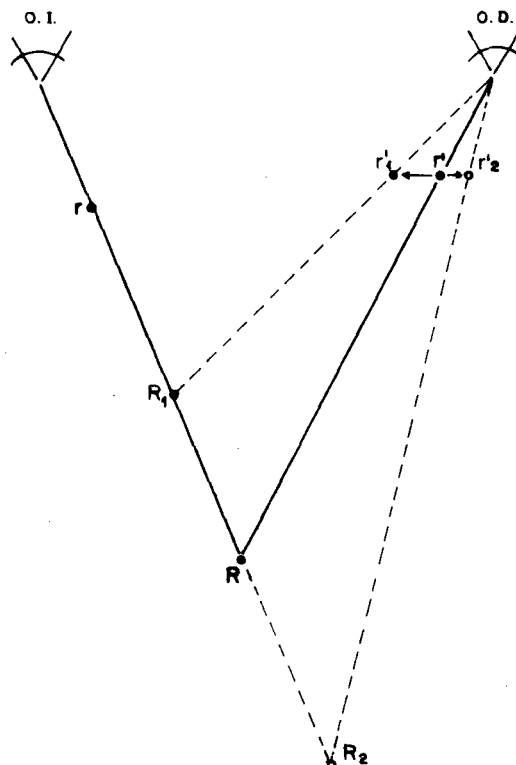


Fig. (b)

Basado en este principio, es posible calcular usando la barra de paralaje en combinación con el estereoscopio de espejos, diferencia de distancias entre pares de puntos homólogos.

Barra de Paralaje

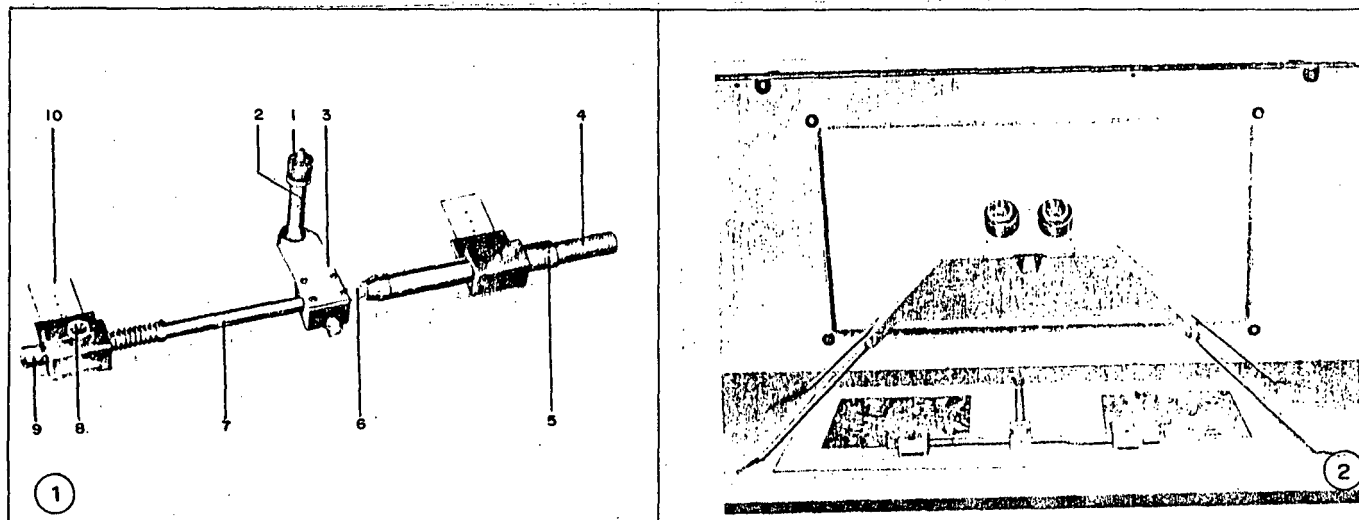
Es una regla milimetrada que sirve para medir la variación o diferencia de longitudes entre puntos homólogos; es decir, mide la diferencia de paralaje estereoscópico.

La barra de paralaje (Fig. II-18), se compone de la varilla de medición (7) y el tornillo micrométrico (4). En ambos están fijados sendos dispositivos de sujeción para las plaquitas de las marcas de medición (10).

Para mediciones estereoscópicas con los anteojos sobrepuestos sirven las finas marcas anulares (°) y cruciformes (+), y para trabajos de menor precisión, osea sin anteojos, la gruesa marca de punto.

Después de soltar el tornillo de presión (8), pueden efectuarse desplazamientos pequeños de la plaquita de la marca de medición izquierda

FIGURA N° 11-18
BARRA DE PARALAJE



- ① Barra de paralaje
- 1 pesos para cargar el lápiz de dibujo
 - 2 lápiz de dibujo
 - 3 portalápiz de dibujo
 - 4 tornillo micrométrico
 - 5 escala fina
 - 6 escala de aproximación
 - 7 varilla de medición
 - 8 tornillo de presión
 - 9 tornillo de ajuste
 - 10 plaquita de marca
- ② Estereoscopio de espejos con dispositivo de iluminación y barra de paralaje

con auxilio del tornillo de ajuste (9): desplazamiento del punto cero.

Por giro del tornillo micrométrico es posible desplazar la plaquita derecha sobre la varilla de medición lateralmente y el valor del desplazamiento indican las escalas (6,5). El valor de la escala de aproximación (6) viene medido en milímetros (1 mm.) y el de la escala fina (5) en centésimas de milímetro (0.05 mm.). La gran distancia entre los intervalos de la escala fina posibilita una precisión de la centésima de milímetro (0.01 mm.).

Al cuidar el observador de que las líneas de unión de dos marcas de medición correspondientes corran paralelas a la línea de unión de los centros de ambas imágenes parciales, entonces verá flotar la marca de medición en el espacio.

Por variación de la distancia de las marcas de medición con auxilio del tornillo micrométrico y por desplazamiento de la barra de paralaje en el plano de ambas imágenes parciales, es posible conseguir la coincidencia de las marcas espaciales (marca anular, marca en cruz o marca de punto) con puntos cualesquiera del modelo espacial.

Medición del Estereograma

Una medición del modelo estereoscópico presupone que la disposición fotográfica corresponda de manera aproximada al caso normal de la estereofotogrametría. Esto significa para aerofotogramas que las imágenes han de fotografiarse con cámaras fotogramétricas de igual distancia focal desde la misma altura de vuelo y verticalmente hacia abajo.

Hay que distinguir entre dos métodos de medición:

- Mediciones en el plano fijado por las dos imágenes parciales. Por ejemplo, medición de distancias planimétricas.
- Mediciones de profundidad espacial perpendicularmente con respecto a este plano. Por ejemplo, medición de alturas o diferencias de nivel del terreno.

a. Medición de Distancias Planimétricas

Distancias planimétricas se miden de la manera más conveniente con una regla

graduada, con una división adecuada. Para obtener las longitudes naturales, es menester conocer previamente la escala media de la fotografía:

$$dT = df \times Emf$$

dT = Distancia en el terreno.

df = Distancia en la foto.

Emf = Módulo escalar medio de la fotografía.

b. Medición de Diferencias de Nivel del Terreno

Al tener un par de imágenes estereoscópicas, es posible determinar las diferencias de nivel de dos puntos del terreno por medio de la "medición estereoscópica".

Medición Estereoscópica

La orientación del estereopar ha de realizarse correctamente y de ningún modo debe variarse durante el procedimiento de la medición estereoscópica.

Se coloca el estereoscopio de espejos de tal suerte sobre las imágenes parciales montadas que el canto longitudinal de la caja de espejos se encuentre paralelo a la línea de unión de los centros de imagen (línea de vuelo). La distancia recíproca de las imágenes parciales se elegirá de tal manera que los correspondientes puntos de la imagen puedan verse sin necesidad de mirar torcido (distancia óptica de las F.A.= base instrumental).

La observación con auxilio de los anteojos prismáticos de 3.5 aumentos produce, como es natural, una limitación del campo visual.

La "medición" misma se efectúa con la barra de paralaje. Esta ha de ponerse de tal modo sobre el par de imágenes orientadas que se pueda accionar el tornillo micrométrico con la mano derecha y, en general, ha de ajustarse del modo siguiente: Con el tornillo micrométrico se gradúa la escala de aproximación a diez (por comodidad para tener lecturas mayores y menores que diez y de este modo, queda

garantizado que se pueda aprovechar del todo el margen de medición de la barra de paralaje) y entonces se gira el anillo con la escala fina, arrastrado por fricción, hasta hacer coincidir su trazo cero con el trazo índice.

Al observar con los anteojos ante puestos y mirando a través del ocular derecho, es preciso graduar la marca en cruz de la plaquita de marca derecha al centro transmitido de la imagen derecha (en la fotografía derecha punto homólogo principal transferido: p'1).

Después de soltar el tornillo de presión se desplaza con el tornillo de ajuste también la plaquita de marca izquierda de tal suerte que, al observar con el antejo sobre puesto izquierdo, la marca cruciforme coincida con el centro de la imagen izquierda (en la fotografía izquierda punto principal: p1).

El tornillo de presión apretado evita una variación de la posición de la plaquita de marca izquierda con respecto a la vari-

lla de medición durante la medición estereoscópica.

Este "valor de ajuste" de la barra de paralaje corresponde a la distancia entre las marcas de medición (entre puntos principales homólogos) para una lectura igual a cero, en este caso, para una lectura igual a diez.

Realizado el "ajuste", se mueve la barra con las dos manos hasta llevar la referencia fija a las proximidades de un detalle considerado; después se gira la barra para eliminar la paralaje transversal (se anula en su mayor parte al principio de la operación mediante una rotación del estereoscopio) y se fusionan las dos imágenes de las referencias hasta ver una sola marca flotante que con el movimiento del tornillo micrométrico parece desplazarse en profundidad.

Es necesario tener la precaución de observar el conjunto del campo de visión y no sólo la marca flotante. Después de ésto se bajará la marca flotante hasta que tome

contacto con el terreno haciendo oscilar varias veces por encima y por debajo de la posición de contacto.

Después de haber efectuado una puntería estereoscópica sobre un detalle considerado Q, la lectura en la barra de paralaje da la longitud qq' , más o menos una determinada constante desconocida. Se realiza el mismo proceso para otro detalle R y dará rr' , más o menos la misma cantidad constante.

La diferencia entre las dos lecturas nos dará la diferencia de paralaje longitudinal buscada.

$$\Delta LQR = \Delta PQR$$

Diferencia de	=	Diferencia de para-
lectura de la ba-		laje longitudinal
rra de paralaje		de Q y R.
de Q y R.		

Para realizar las medidas (lecturas), es fundamental que las referencias se fusionen perfectamente con la imagen aparente del terreno (superpuestas y en tierra); esto exige anular la paralaje transversal

con una aproximación de 1/30 mm.

Cada lectura se obtiene efectuando la media de varias punterías (por lo menos la media de 3 lecturas). Se consigue así menos de 1/100 mm. de error medio de puntería (este valor corresponde a un relieve de 0.5 m. para fotografías a escala 1:20,000).

Utilizando la Fórmula de Paralaje, que es una expresión matemática que relaciona diferencias de elevación en el terreno, con la altura de vuelo, paralaje estereoscópico y diferencia de paralaje; es posible calcular diferencias de nivel del terreno:

$$\Delta HQR = ZR \frac{\Delta PQR}{(\Delta PQR + PR)}$$

ΔHQR = Diferencia de elevación entre los puntos Q y R (mts.).

ZR = Altura de vuelo sobre el terreno para un punto R conocido (mts.).

$$ZR = Z_0 - HR$$

Z_0 = Altura absoluta de vuelo.

HR = Elevación sobre el nivel del mar para un punto R (cota de R).

ΔPQR = Diferencia de paralajes entre los puntos Q y R (mm.).

PR = Paralaje estereoscópico del punto R:

$$PR = p_1p_2 - rr' \text{ (95 mm. aprox.)}.$$

A partir de ésto, se puede calcular la cota, por ejemplo, del punto Q:

$$\text{Cota Q} = \text{Cota R} \pm \Delta HQR$$

De esta manera, podemos realizar un levantamiento altimétrico para obtener la línea de gradiente o poligonal de trazo y el perfil longitudinal respectivo, con escala horizontal igual a la escala media de la fotografía y escala vertical diez veces mayor o la conveniente para mostrar el relieve.

Precisión en los valores de Diferencias de Nivel obtenidas a partir de la Medida de Paralajes Lineales

Múltiples son las causas que pueden dar origen a paralajes longitudinales en el estereograma, de las que podemos señalar como más importante, la falta de verticalidad de los ejes de toma de vistas, variación de la altitud del avión entre los dos puntos de vista, película de superficie no plana, deformaciones del papel de soporte, defectuoso montaje del par estereoscópico

(orientación incorrecta).

Las determinaciones absolutas de la diferencia de nivel entre dos puntos Q y R están, por lo tanto, afectadas de muchas causas de error; puesto que las deformaciones tienen un carácter progresivo de un punto a otro del estereograma, el valor obtenido para la diferencia de nivel será tanto más erróneo cuanto que estos puntos se encuentren más distanciados.

A pesar de todo, es posible mejorar el resultado de las medidas de diferencias de nivel a costa de introducir algunas complicaciones en las operaciones a realizar, disponiendo de una red de puntos (de coordenadas conocidas) bien distribuidos en el par, obtenidos de un buen mapa; se realizarán las medidas de paralajes para estos puntos, deduciendo a continuación las diferencias de nivel, y las altitudes.

Comparando estos valores con los verdaderos obtenidos de la cartográfica se dispondrá de una serie de correcciones a aplicar a cada punto. Sobre un transparente donde se ha señalado la posición del centro de la fotografía se situarán los puntos y los valores de las correc-

ciones a aplicar, lo que nos permitirá trazar una red de curvas de igual corrección; para un punto cualquiera se obtendrá el valor de la corrección a aplicar a la paralaje por interpolación.

Para zonas extensas los errores por defecto en las medidas por debajo del plano de referencia se compensan con los errores por exceso de magnitud parecida cometidos por encima de este plano. De modo que, de alguna forma hay compensación de errores debidos a la variación de escala.

La exactitud de la medición vertical es determinante, puesto que un buen trabajo de trazo requiere exactitudes altitudinales de uno o dos metros.

Eliminación aproximada de Deformaciones del Modelo.

Puesto que en la fotografía aérea casi nunca se consigue garantizar rigurosamente las condiciones del caso normal, es decir, mantener exactamente una altura de vuelo determinada y dirigir el eje fotográfico verticalmente en el momento

de tomar la fotografía, entonces resulta el modelo del terreno en la observación estereoscópica por un lado más o menos deformado y, por otro, inclinado en comparación del horizonte.

Por consiguiente, los puntos, para los cuales se miden paralajes iguales, no se encuentran sobre superficies de igual altura (curvas de nivel). Estas deformaciones del modelo pueden eliminarse de manera aproximada, si se aplica la medición terrestre o la triangulación fotográfica para determinar en el modelo espacial la altura de puntos repartidos convenientemente (puntos de referencia). En caso dado, estos datos pueden tomarse también de cartas existentes.

Triangulación Radial

Es el proceso para la determinación de la posición planimétrica correcta de puntos de la fotografía, eliminando las deformaciones geométricas mediante operaciones ejecutadas sobre las propias fotografías y encontrando la ubicación de cada punto por intersección de dos o más rectas radiales a partir del punto principal.

Esta operación nos permite situar los objetivos en un sistema geográfico de referencia. Para ello, los métodos de triangulación radial utilizan la propiedad de las fotografías aéreas verticales de que rectas intersectadas radialmente, conservan los ángulos cuyos vértices coinciden con el punto nadiral.

Para poder restituir cada fotografía es necesario conocer la posición de varios de sus puntos. Mediante la triangulación fotográfica es posible determinar para el conjunto de la zona un número importante de ellos, con lo cual se obvian los trabajos de campo que resultan largos y costosos.

Triangulación Radial Mecánica

Este método resulta práctico cuando la superficie que ocupa la triangulación es grande, en el caso de varias pasadas hasta un máximo de 20 líneas de vuelo con 200 a 300 fotografías aéreas y con dos puntos de control conocidos por cada línea de vuelo. Para obtener resultados es necesario disponer de un material adecuado, siendo necesario utilizar plantillas dobles de cartón duplex y una guillotina para cortar-

las: este procedimiento es denominado "de plantillas ranuradas". El resultado obtenido se llama mapa base.

Procedimiento para la Triangulación Radial Mecánica

1. **Determinación de puntos principales y de enlace.**- Es indispensable verificar en primer lugar que el recubrimiento longitudinal sea mayor del 50% y el transversal no menor del 15 %.

Se señala el centro de cada fotografía y con la ayuda del estereoscopio, los puntos homólogos de los centros de las fotografías adyacentes, definiendo la línea de vuelo.

Los puntos de enlace, se eligen después en la parte superior e inferior de la zona común a 3 fotografías, sobre la perpendicular a la línea de vuelo por cada punto principal. El detalle elegido como punto de enlace se debe distinguir claramente y pinchar sus imágenes sobre cada fotografía, siempre con la ayuda del estereoscopio.

Cada fotografía, después de estas operaciones lleva señalados 9 puntos, excepto en las extremidades de la pasada.

2. **Ubicación de puntos de control.**- Los puntos de control, son base fundamental para la triangulación, ya que el primer modelo de una faja fotográfica se orienta con la ayuda de los puntos de control del suelo.

De los puntos de control básicos disponibles para la zona, se seleccionan los que mejor se adapten a la triangulación que se desea realizar. No es necesario tener un gran número de estos puntos, pero su situación dentro del conjunto es de mucha importancia.

Los puntos de control pueden ser cartográficos (de buena fuente) o terrestres. Cada punto debe pertenecer por lo menos a dos fotografías; se utilizará para tal caso papel milimetrado para plotear los puntos, siendo necesario codificarlos con un número para su fácil identificación. Un punto de control también se puede utilizar

como punto de enlace.

Se obtiene el mapa índice mostrando la posición relativa de las fotografías aéreas mediante la ubicación de los puntos principales, de enlace y de control.

3. **Escala de la triangulación.**- Es la escala media del conjunto de fotografías aéreas.

Luego en un papel milimetrado (manuscrito) y en un sistema de coordenadas rectangulares se plotean los puntos de control básico en escala media.

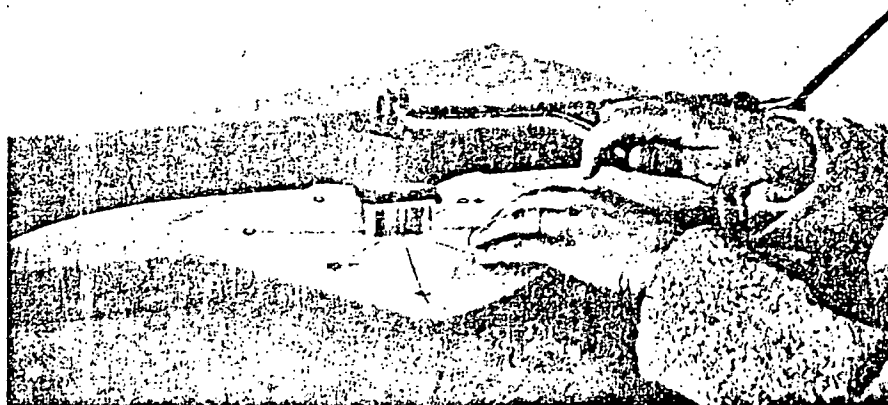
4. **Preparación de las plantillas ranuradas y ensamblaje.**- Sobre cada fotografía se aplica una transparencia, en la que se calca los puntos de la red en forma cuidadosa y se ennumeran para su fácil identificación.

El papel transparente se reemplaza por plantillas de cartón duplex, se materializan o transfieren los puntos recogidos en las transparencias mediante perfora-

ciones circulares, trazándose en la plantilla a partir del centro 8 rectas que lo unen a los 8 puntos restantes. Se trazan también las rectas que unen el centro con los puntos de control establecidos para la triangulación.

Las direcciones radiales de las visuales en la plantilla, se representan por ranuras que se practican mediante un aparato especial llamado "ranurador" (Vea Fig. II-19): es un equipo completo que consta de una serie de dispositivos adicionales que permiten que el procedimiento sea ejecutado sistemáticamente para obtener el máximo rendimiento de trabajo y economía.

Las plantillas ranuradas se cortan con las tijeras en su perímetro para que el material sobrante no dificulte el ensamblaje. La colocación de las plantillas se empieza con dos o más puntos de la red, uniendo números homólogos de puntos y ranuras mediante botones metálicos (plots) con diámetros iguales a la anchura de la ranuras, ya que los botones metáli-



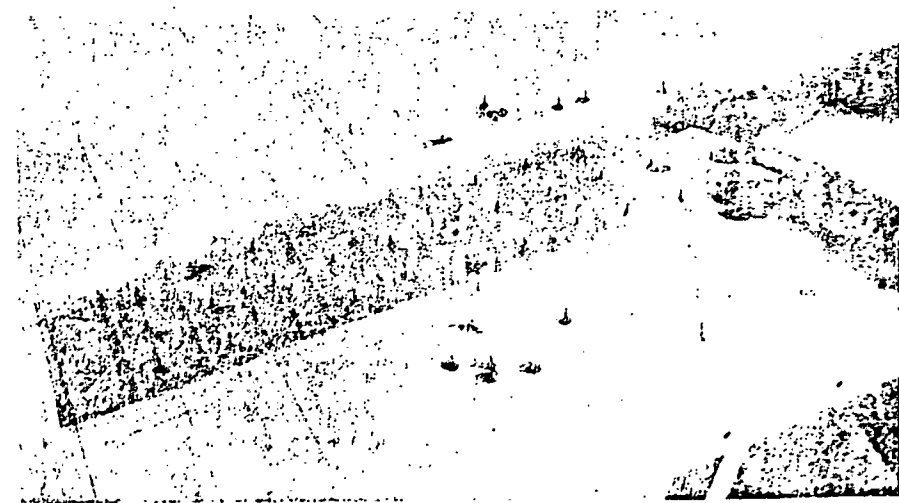
1.-Perforación del agujero central de la placa



2.-Perforación de una ranura



3.-Primera fase de la composición de una pasada



4.-Formación de una pasada

FIGURA Nº 11-19

TRIANGULACION RADIAL MECANICA

cos discurren a lo largo de ellas. Estos botones presentan en su interior y a lo largo de su eje un vaciado cilíndrico que permite introducir una aguja para pinchar sobre la hoja de proyección (manuscrito) la situación de los puntos conocidos.

No debe eliminarse a la fuerza los errores de dirección y de escala para no estropear los bordes de las ranuras. Sin embargo, es oportuno golpear y sacudir ligeramente las fajas empalmadas para obtener una compensación; en caso necesario se procederá a su desbotonamiento y a una nueva colocación. Habría que empalmar siempre hasta tres o cuatro fajas adyacentes al mismo tiempo puesto que una banda sola no se coloca con suficiente precisión entre los puntos de la red.

Agregando nuevas plantillas, se trabaja la superficie total de la triangulación. Después de terminar la colocación, se abotonan los plots mediante el colocabotones, recibiendo con ello el conjunto de las plantillas una estabilidad adicio-

nal puesto que las distintas ranuras y orificios están íntimamente ligados.

5. **Marcación del resultado de la triangulación y ajuste de escala.**— En un papel milimetrado (manuscrito), en el cual se han planteado los puntos de control en un sistema de coordenadas a escala media de las fotografías, se efectúa una superposición de las plantillas ensambladas, haciendo coincidir todos los puntos de control con los del papel milimetrado. Luego se introducen alfileres por los cilindros de los botones, que se hunden en el papel fijándolos al plano de apoyo (comúnmente una mesa).

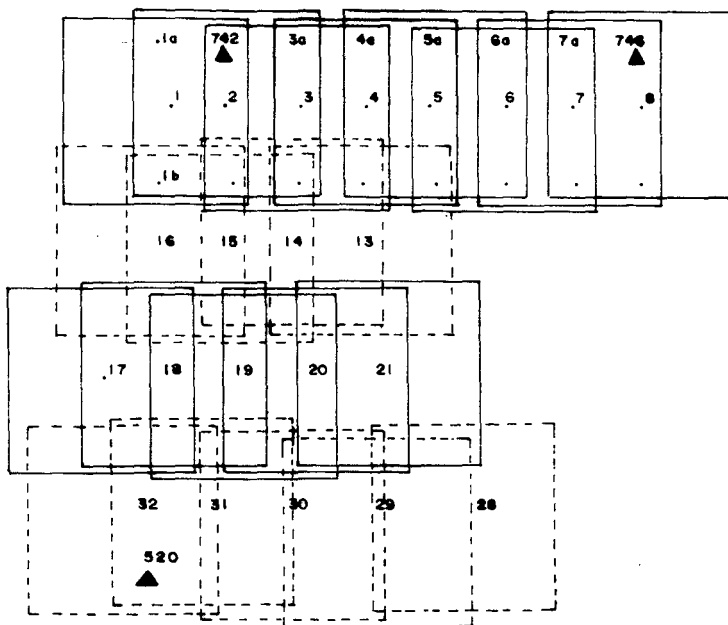
Mediante sacudidas y movimientos de las plantillas para que las presiones y tensiones se equilibren lo mejor posible, se realiza una compensación mecánica del conjunto de la triangulación así materializada, obteniéndose un ajuste de escala.

Luego se introducen lápices de marcación por el cuello de los botones, girándolos ligeramente para poder encontrar los pun-

tos marcados después del desbotonamiento o desmontaje de las plantillas. (Ver Fig. II-20)

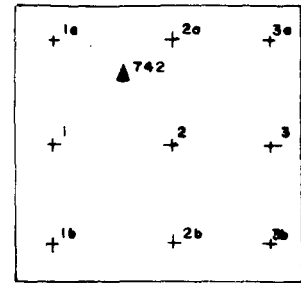
De esta manera se obtiene la posición planimétrica final y correcta de los detalles de la imagen fotográfica (puntos principales, de enlace y de control) al eliminar la deformación radial, producida por el relieve sobre la fotografía. El resultado final se conoce con el nombre de Mapa Base.

PROCESO PARA LA TRIANGULACION RADIAL MECANICA

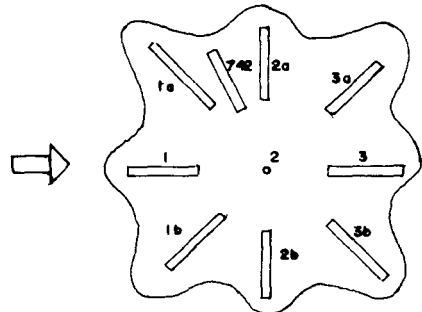


b. Bloque de fotografías con :

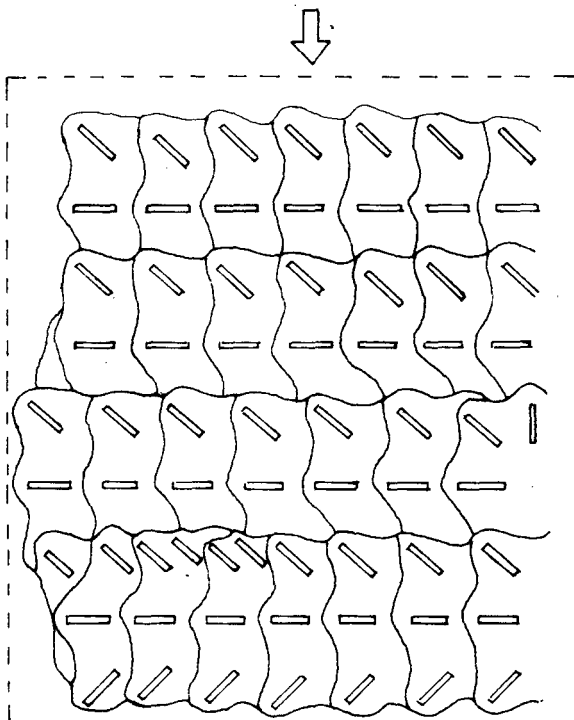
- zonas de recubrimiento
- puntos principales
- puntos de control
- puntos de enlace



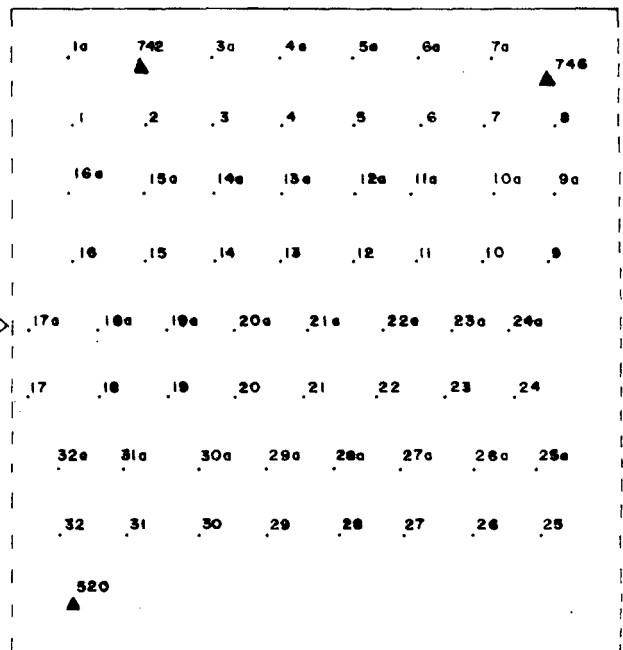
a. Fotografía clasificada



c. Plantilla ranurada



d. Superposición de plantillas ensambladas



e. Marcación del resultado final de la triangulación

Ventajas y Desventajas del Método de la Triangulación Radial.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Procedimiento mecánico y al mismo tiempo compensación mecánica.	El método no puede emplearse en fajas aisladas.
La posibilidad de emplear personal auxiliar después de una buena instrucción y participación máxima al trabajo.	Para la formación de mapas de precisión, no será suficiente la triangulación mediante plantillas, en cuanto a la exactitud que puede obtenerse.
Tiempo empleado muy reducido, obviando los trabajos de campo que resultan difíciles y costosos.	El método de las plantillas ranuradas proporciona únicamente las coordenadas planimétricas.
Se obtiene precisión aceptable los errores en planimetría son del orden siguiente: un milímetro aproximadamente, de error medio en la posición de un punto; medio milímetro de error medio en la distancia de dos puntos situados en pares contiguos.	Las cotas se determinan por separado, mediante mediciones de paralaje o usando equipos analíticos como el estereocomparador.
La posibilidad de emplear plantillas con o sin vistas aéreas.	

2.4.22 Preparación de un Itinerario

Un itinerario, es una sucesión de radiaciones encadenadas, que arrancan de un punto conocido identificable y cierran en otro punto conocido, lo que permite controlar las faltas. El itinerario hace posible llegar a cualquier punto de la fotografía o del terreno.

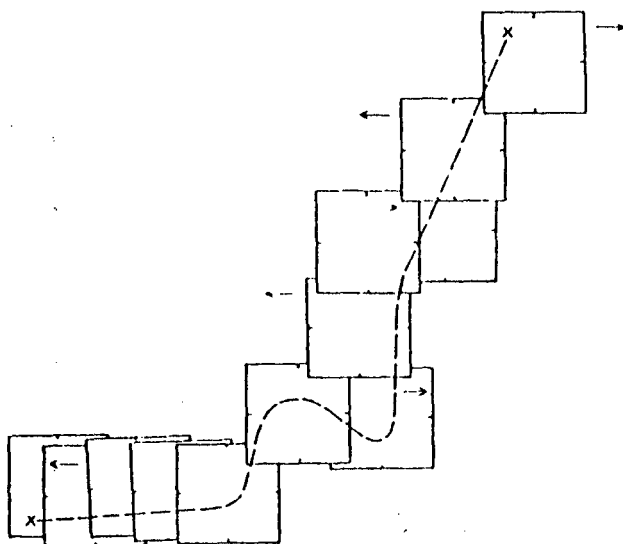
Este procedimiento se puede emplear cuando los procedimientos de intersección son impracticables (zona cubierta de vegetación) y la identificación de los detalles presenta mucha dificultad (en un bosque, en una franja sin detalles diferenciados).

Cuando el recorrido a efectuar presenta dificultades (itinerario en una región de recorrido difícil), el operador debe estudiar detalladamente las fotografías de la zona objeto del trabajo, extrayendo de aquí una magnífica valoración en cuanto a las posibilidades de paso.

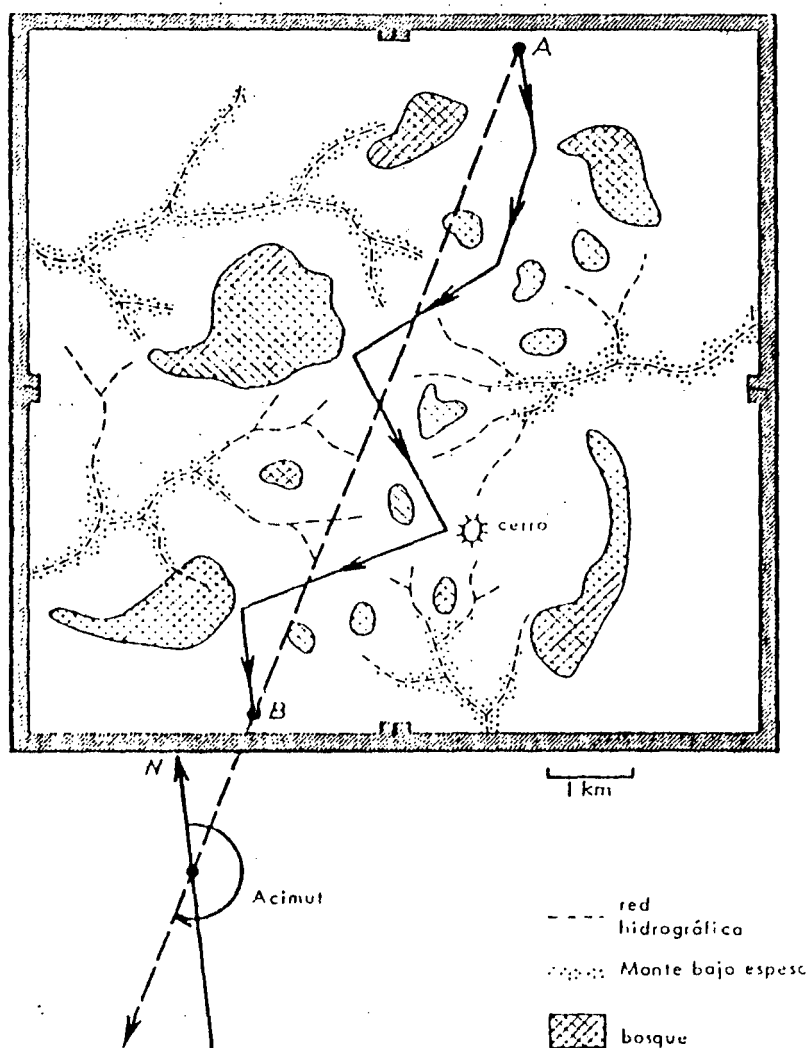
Si se señala en cada fotografía la dirección del norte y confecciona un mosaico sencillo se tendrá un documento valioso, que unido a la información que se obtiene como consecuencia de la observación estereoscópica de los pares, permitirá encontrar los pasos más transitables y determinar con considerable exactitud la línea general del trazado. Una vez escogido el itinerario más idóneo, se anotará los números de las fotografías correspondientes y se colocarán en el orden preciso, para facilitar el trabajo y para la fácil ubicación de las líneas de vuelo correspondientes a cada faja.

FIGURA Nº 11-21

PREPARACION DEL ITINERARIO



1.—Preparación de un itinerario sobre una cobertura fotográfica



2.—Itinerario en una región de recorrido difícil

Luego de estudiar de antemano la línea general del trazado, se marca directamente sobre las fotografías con un lápiz de cera; deberá primero señalarse con mayor intensidad los ríos y demás puntos determinantes y luego esquematizarse el trazado entre dichos puntos, guiándose por las condiciones de drenaje y la topografía general del terreno (Vea Fig. II-21). Con este objeto será de utilidad el estereoscopio de espejos.

Ejecución del itinerario

En principio, más que estudiar o fotointerpretar una ruta que une dos puntos, se inspecciona una faja de terreno, que comprenda el tramo del proyecto en estudio, de dimensiones considerables como para contener un cierto número de soluciones de trazo, en la cual se puedan encontrar alineaciones ventajosas con buenos cruces de corrientes, de caminos y de lugares de enlace.

Distinguiremos los casos de buena visibilidad (zonas desérticas) y los de visibilidad extremadamente reducida (terrenos poco accidentados y de vegetación tupida).

1. En terrenos despejados conviene seguir cuanto sea posible una línea que permita no perder de vista los detalles identificables.

En zonas de escaso relieve con pocos detalles identificables es muy aconsejable elegir un itinerario muy visible: talwegs, límite preciso de vegetación, crestas.

Se procura normalmente seguir las crestas o divisorias, referencias muy seguras cuando la red de talwegs aparece clara; el itinerario resulta más largo, pero evita las vacilaciones y los ensayos de dudoso resultado.

2. Cuando el terreno no ofrece más que una visibilidad reducida, es necesario ejecutar cuidadosamente los itinerarios identificando detalles naturales precisos para servir de puntos de apoyo para restituciones finas; pero como en las fotografías es difícil encontrar estos detalles, se hace necesario en estos casos "señalizar" el terreno con paneles artificiales antes del vuelo.

Errores en un Itinerario

Aparte de las faltas o equivocaciones se pueden cometer errores diversos debidos a las causas siguientes:

1. Un error gráfico en el pinchado de puntos.
2. Error de medidas de distancias, que es función del método utilizado.
3. Error debido al relieve: cuando la pendiente del terreno es considerable (20%), hay que considerar las variaciones de escala de la fotografía y las deformaciones debidos a la perspectiva (relieve), que aumentan cuando nos alejamos del centro, y que en cada punto dependen de la deformación considerable. Por ello es necesario utilizar la otra fotografía del par estereoscópico en donde la imagen esté más próxima al centro.

2.4.23 Etapas Progresivas para el Estudio de Trazo de una Carretera empleando el Método Aerofotogramétrico.

El estudio y trazo de una carretera es un proceso complejo. Desde el momento en que se ha decidido el enlace de varios puntos de una

región mediante una vía hasta su puesta en servicio, deben realizarse diversas etapas secuenciales: justificación económica del proyecto, que es competencia de organismos oficiales de cada país (Dirección Nacional de Transportes y Comunicaciones), son las que deciden según la importancia de cada región, las vías que son necesarias para su desarrollo, es decir esta variable no cae en manos del ingeniero encargado de realizar el trazado de la vía; estudios de reconocimiento de rutas; diseño geométrico y construcción del camino.

El especialista trazador de carreteras debe encontrarse perfectamente seguro de que toda la información requerida para el estudio, ha sido reunida. Se procura la mejor información, consultando mapas y planos de la región, los estudios ya existentes, recorridos de la zona del proyecto y en general todas las fuentes capaces de suministrar datos útiles (fotografías aéreas, imágenes de satélite, información verbal de los pobladores de la zona de estudio). Con los datos obtenidos, el trazador logra formarse una completa imagen de la región.

Las etapas en que se divide un estudio de carreteras, son:

a) Primera Etapa

Se hace un estudio de reconocimiento del área total entre los puntos terminales. Esto se realiza mediante el examen estereoscópico de fotografías aéreas de pequeña escala (1:40,000), para no invertir una considerable suma en la adquisición de fotografías a gran escala de toda el área que impediría un estudio general de ella con la prontitud deseada, debido a que cada par cubriría solamente un pequeño sector en el caso de utilizarse fotografías a gran escala.

Con el examen estereoscópico, se puede examinar cuidadosamente el área de estudio distinguiendo los diferentes elementos que conforman la cobertura terrestre, exactamente como si se estuviera mirando la superficie real desde un avión; logrando obtener con esta observación al eliminar las soluciones de dudosos resultados, las que parezcan ser las rutas o, mejor dicho, las

fajas de terreno más favorables para la carretera en estudio.

En esta etapa, se determinan y clasifican los puntos de control de la topografía y el uso de la tierra y se llegan a localizar las rutas probables, mediante la utilización conjunta de fotografías, fotoíndices, mosaicos fotográficos, complementado por imágenes de satélites y mapas o planos disponibles de la zona, ya sean topográficos o de otra clase.

En los estudios que se hagan, se tendrá que ubicar puntos de paso o abras, las rutas que contengan el menor número de cruces de corrientes, los puntos estables para el cruce de ríos y quebradas grandes, los mejores accesos a los caminos que intersecten, buenas áreas de drenaje y se tendrán que ubicar canteras cercanas al trazo. Al mismo tiempo, se evitarán áreas con suelos plásticos, pantanos, zonas de drenaje difíciles, exceso de cruce de aguas, zonas de inundación, áreas de deslizamiento y terreno inestable; tierras de utilidad especial como zonas ha-

bitadas o cultivadas y bosques de protección, porque su destrucción al construirse la carretera a través de ellas, redundaría en perjuicio de la región en lugar de coadyuvar a su desarrollo.

Sobre las propias fotografías se delinearán las rutas posibles con un lápiz de cera, observándolas estereoscópicamente y cuidando que dicho alineamiento esté de acuerdo con la topografía y la posición del terreno. La comparación de costos, ventajas y desventajas y el establecimiento de la importancia de cada ruta se hace en conjunto y mentalmente.

Las comparaciones analizadas en esta etapa no son definitivas ni tampoco establecen la ruta final, pero sirven muy bien como medio para averiguar si el proyecto de la carretera debe merecer que sea recomendado para su posterior estudio.

b) Segunda Etapa

Consiste en hacer un estudio de las rutas alternativas a fin de elegir la mejor de

ellas, es decir la que reúna las mejores condiciones técnico-económicas.

El proceso de reconocimiento es una serie de sucesivas aproximaciones, en las que se sopesan las diversas alternativas unas con respecto a las otras, descartando las menos convenientes, permitiéndonos concentrar esfuerzos para encontrar el mejor trazo.

En esta etapa se utilizan fotografías a mayor escala (1:20,000), en las cuales se tendrá que hacer un intensivo y total estudio de la faja topográfica que incluya cada una de las rutas seleccionadas. Esta faja tendrá de dos a tres kilómetros de ancho a lo largo de cada ruta, siempre que la topografía y el uso de la tierra en combinación o separadamente indiquen que este procedimiento es deseable para los fines de comparación.

En dichas fotografías a mayor escala, se transferirán los trazos ya obtenidos en la primera etapa, haciendo un examen estereoscópico que correlacione la posición de

la ruta mediante la identificación de imágenes en ambos juegos de fotografías. En éstas, se tratarán de mejorar las rutas ya establecidas, mediante un examen más riguroso y mediciones de paralaje.

Cuando existan varios puntos de paso y dos o más rutas de aproximación en cada uno, el problema será obviamente, proceder por eliminación. Para estar seguro de que no se desestime ninguna posibilidad, se deberá considerar y examinar cada trazo que parezca factible; luego por simple inspección, sopesando mentalmente cada una de ellas con respecto a las otras y analizando las diversas líneas de gradiente localizadas, se pueden eliminar progresivamente las más deficientes y reducir la selección a dos que reúnan las mejores condiciones técnico-económicas para la elección más conveniente de la vía y que satisfaga las exigencias del proyecto.

Estas podrán ser estudiadas con más intensidad en las fotografías y con inspecciones en el terreno; siempre que sea necesario, el trabajo de gabinete será comple-

mentado y apoyado por el reconocimiento en el campo con las fotografías aéreas en la mano.

La finalidad de reconocimiento de ruta en el terreno es para asegurarse que se tiene completo y correcto conocimiento de las condiciones existentes, especialmente en las zonas en que se ubiquen condiciones críticas que pueden afectar el trazo.

También son necesarias las inspecciones de campo, cuando se desee confirmar la interpretación fotográfica, el alineamiento, pendientes, secciones transversales, las condiciones de inundaciones, etc.

Se insiste en recomendar el uso conjunto de cartas y fotografías complementadas con imágenes de satélites y fotomosaicos, para poder contar con la información cuantitativa de los primeros y la cualitativa de los segundos, haciendo el menor daño posible a la propiedad y acomodándose al terreno lo más técnica y económicamente posible.

En esta etapa, se harán mediciones de paralaje para determinar diferencias de altura; observaciones y mediciones a la escala media de las fotografías para el cálculo de gradientes e inclinaciones de las secciones transversales que se recorren en los pares de fotografías verticales, pendientes mínimas y convenientes, y así mismo determinar la luz probable de los puentes y otras estructuras importantes.

La transferencia de cada ruta se realiza sobre el área útil en una sola fotografía estereoscópica, a medida que éstas son examinadas con el estereoscopio. Esto se hace con un lápiz de cera dibujando una línea llena sobre el conjunto de imágenes de cada par sucesivo de fotografías, de manera que la ruta encaje con la topografía en línea y perfil.

El motivo por el cual no se traza la ruta en ambas fotografías de cada par, es debido a que ésta, incierta aún, debe ser totalmente examinada y analizada, y debe hacerse una investigación sobre los cambios

deseables antes que ésta pueda considerarse en una posición definitiva, para ser trazada en ambas fotografías.

Para hacer el trazo en la segunda fotografía, es casi siempre mejor indicar los puntos de conjunción, es decir los puntos a unir en las brechas de la topografía a lo largo de la línea de ruta trazada en la primera fotografía.

Una vez que los puntos han sido colocados en las brechas de la topografía (puntos de inflexión del terreno) de la segunda fotografía, se conectarán estos puntos con una línea llena del mismo grosor que la trazada en la primera fotografía para la ubicación de la ruta.

Una vez que ésto se ha completado, verificar para estar seguros que la ruta encaje con la imagen aparente del terreno. Si existiera paralaje en estas líneas (cuando éstas no se fusionen), será necesario variar la posición de la línea de ruta en la segunda fotografía hasta que ésta pase sobre las imágenes que están enlazadas en la

primera fotografía. Así se obtiene un concepto tridimensional de las rutas alternativas posibles para la carretera pasando continuamente de una fotografía a la otra y de un punto terminal al otro.

Luego de examinar cada ruta alternativa con suficiente minuciosidad, tendremos que decidirnos por la que consideramos la mejor ruta. Para ello, cada ruta es evaluada de acuerdo a diversos criterios de comparación, como son: distancia, total de subidas y bajadas, costo de construcción, drenaje, pendiente promedio, puentes, uso de la tierra, cobertura vegetal, alineamiento, zonas con potencial agrícola que comunica.

Para seleccionar la mejor ruta, preparar un cuadro de parámetros de los criterios de selección con su respectiva ponderación según su importancia, para comparar las ventajas y desventajas de cada ruta. La ruta con el menor puntaje aparecerá entonces como la más conveniente, con el fin de hacer en ella un estudio más exhaustivo.

Cuando el reconocimiento ha sido llevado a cabo totalmente por medio del uso de fotografías aéreas, la riqueza de información detallada que se obtiene de ella da confianza de que la ruta seleccionada es la mejor.

c) Tercera Etapa

La tercera etapa en el trazo de una carretera está representada por el Estudio Preliminar, que puede efectuarse por métodos aéreos o por métodos convencionales terrestres, dependiendo de las circunstancias topográficas, de las fotografías existentes y de la experiencia demostrada por los técnicos especializados, entre otras cosas.

Una vez que se terminen los estudios de reconocimiento, se tendrá que efectuar el estudio preliminar sólo de la ruta seleccionada. De ahí la importancia de las dos primeras etapas de Reconocimiento, puesto que en ellas se tendrá que hacer la importante decisión que seleccionará la ruta más conveniente.

El trazado del eje preliminar forma el esqueleto sobre el cual se apoya el trazado exacto, éste a su vez sirve como una base para fijar la localización real de carreteras. Algunos trazadores no utilizan los planos y perfiles del trazado preliminar cuando planean el trazado definitivo. En lugar de lo anterior, realizan el trazo directamente sobre el terreno; este método, llamado trazado directo, no es recomendable; pues son muchas las soluciones posibles antes de lograr la mejor.

Durante el estudio preliminar, se persigue como objetivo principal efectuar el mejor estudio de trazo posible dentro de la ruta seleccionada y preparar los planos respectivos.

Se hacen entonces estudios detallados de la faja topográfica, para poder determinar los factores positivos o negativos que afecten la posición, estableciendo además las características físicas de la carretera y su diseño geométrico.

Actualmente el ingeniero que determine el

trazado debe combinar una ruta, que con economía, satisfaga ciertos requerimientos mínimos que se refieren a las curvas y a las pendientes.

El trazado debe relacionar las curvas, las pendientes y otros elementos del camino en donde se pueda conducir fácilmente, y en donde el tráfico sea fácil, así como que la capacidad y la seguridad satisfagan las condiciones normalizadas.

Además debe reconocerse y valorizarse su impacto sobre los recursos naturales y el medio ambiente, la industria, los negocios, y la propiedad existente y también sobre los futuros desarrollos.

Una vez hecho el alineamiento de la ruta seleccionada, se hará un nuevo recorrido estereoscópico para hacer las correcciones de ubicación del eje y pendiente que se crea necesarias; es decir, se realiza el trazo de la poligonal de apoyo que viene a perfeccionar a la línea de gradiente, con alineamientos rectos y de mayor longitud. Los perfiles y secciones usados son los

medidos en los modelos estereoscópicos en lugar de obtenerlos de los mapas a curvas de nivel.

El enlace de los controles horizontales y verticales se hace mediante instrumentos de precisión ópticos (estereocomparador) o empleando la triangulación radial mecánica. Cuando se emplean los últimos, se establecerá en el juego de fotografías una escala promedio aproximada mediante el uso de plantillas ranuradas de trazo radial, relacionando las fotos contacto con el control básico trazado en planos coordenados a una escala apropiada. Esta serie de líneas coordenadas del plano, son usadas posteriormente en el estudio de ubicación del eje.

Con los datos obtenidos de las fotografías (recogidas en transparencias), se dibuja el plano, en el que se representan las poligonales corridas, las divisorias, talwegs, poblaciones, caseríos, cursos de agua y los accidentes de importancia. Para que resalte la ruta elegida se le representa por una línea llena, y con líneas de

elementos las otras rutas.

El perfil longitudinal de la ruta seleccionada, se dibuja en una hoja de papel milimetrado; en las ordenadas se colocan las cotas de los puntos nivelados y en las abscisas se colocan las distancias que se va recorriendo en el estacado correspondiente; la unión de los puntos nos muestra la configuración longitudinal del terreno, en la cual se representan las secciones de los cauces de los ríos, alcantarillas, puentes, indicando sus nombres y luces.

Como escala se adoptan: para la distancia, la misma del plano, y para las alturas, unas 10 ó 20 veces mayor, o la conveniente para mostrar el relieve; por debajo del plano de comparación se inscriben las distancias parciales, las acumuladas, las cotas de los puntos y las pendientes medias entre ellos. Sobre una recta a partir del origen de trazo se representa el kilometraje.

Teniendo como base el perfil longitudinal y como restricción las longitudes y pen-

dientes mínimas y máximas, se realiza el trazo de la rasante tratando de lograr una compensación entre cortes y rellenos, procurando que los cambios de pendiente coincidan con una estaca de número entero.

Entre dos ordenadas sucesivas se inscriben las pendientes en tanto por ciento, con aproximación solamente al décimo; son positivas si van en el sentido ascendente y negativas en el caso contrario; los cambios de pendiente se redondean por curvas verticales parabólicas cuya longitud se establece cuando menos para la distancia de visibilidad mínima de parada.

Por debajo del plano de comparación se inscriben las longitudes y pendientes de los tramos, cotas de la subrasante, cotas del terreno y por último el alineamiento indicando las curvas horizontales, limitadas por sus PC y PT y su sentido por un rectángulo: hacia arriba en curvas a la izquierda y hacia abajo en curvas a la derecha.

Las secciones transversales se toman en

cada una de las estacas; como sabemos, en el estudio preliminar cada 100 m. considerando los puntos de inflexión, y en el estudio definitivo cada 20 m. en tramos en tangente y cada 10 m. en las curvas. El procedimiento usual es altamente conocido.

En el estudio preliminar, se puede profundizar la investigación realizando los estudios en el plano de la faja topográfica de la ruta seleccionada, elaborado mediante la restitución de los modelos estereoscópicos, empleando instrumentos fotogramétricos de precisión.

A partir del plano a curvas de nivel, según el método del compás, se podrán trazar las diferentes líneas de gradiente y siguiendo los sistemas convencionales se obtendrán los perfiles y secciones transversales, haciendo el estudio estereoscópico de las fotografías para ver el aspecto cualitativo del trazo escogido. Luego se siguen todos los criterios que se aplican a un estudio convencional por métodos terrestres, por lo que no es preciso insistir sobre el particular.

d) Cuarta Etapa

Esta cuarta etapa, es necesario hacerla en el mismo campo, por tratarse del replanteo del proyecto o estacado en el terreno del trazo definitivo escogido. Será siempre una tarea topográfica, guiándose de la información obtenida.

Literalmente es la transferencia al terreno en escala natural del proyecto desarrollado. Los métodos seguidos son ampliamente conocidos y escapan al tema que en esta oportunidad se trata.

Algunos Criterios a considerar en el Trazo de Carreteras

1. Relación entre divisorias, talwegs, cumbreres y cuellos

Se puede obtener la posición probable de las rutas por reconocer, con mayor eficacia, realizando algunas consideraciones de carácter general acerca de la configuración del terreno, cuyos accidentes, si bien variables, guardan entre sí cierta dependencia.

Divisoria.- Parte elevada del terreno o cadena montañosa que separa las aguas pluviales en dos direcciones opuestas. Literalmente es la línea que señala la parte más alta de una montaña.

La divisoria de aguas es el *divortium aquarum* de las aguas que caen por precipitación y bajan por ambas vertientes para ser drenadas por los ríos.

- . Puntos más elevados de las divisorias: cumbres, crestas, cimas o picos; que originan divisorias inferiores o de menor importancia.
- . Puntos bajos o depresiones de las divisorias: gargantas, cuellos o abras; originan los talwegs secundarios.

Para salvar las divisorias se prefieren algunos cuellos (abras), el que tenga: menor elevación, menor espesor en el cruce, accesos favorables, se aproxime a la dirección general del trazado.

Talweg.- Parte baja del terreno o depresión generada por el curso de las aguas

que corren por las partes bajas de los valles. Literalmente es la línea que marca el fondo de un valle, y es camino que siguen las aguas de las corrientes naturales.

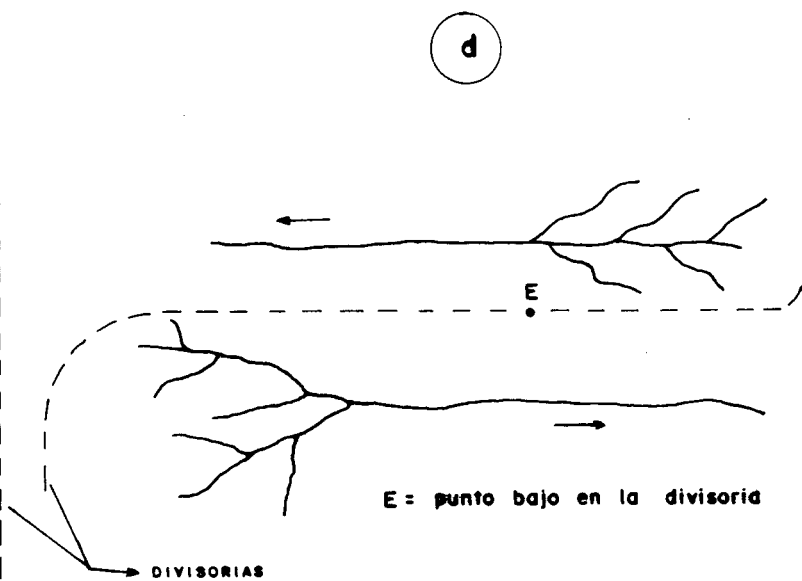
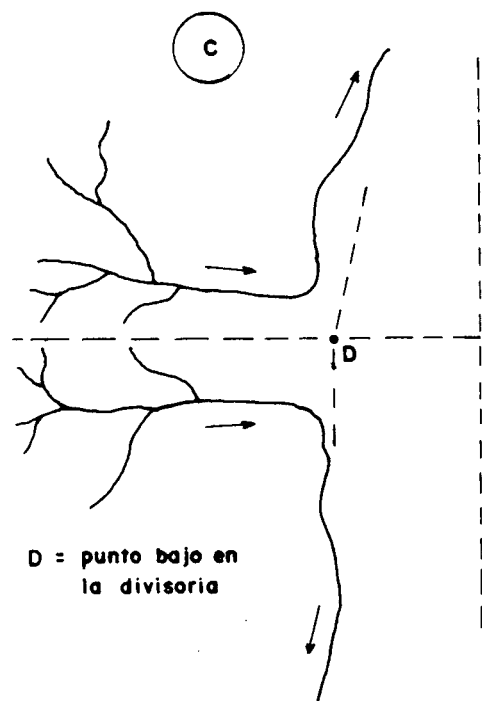
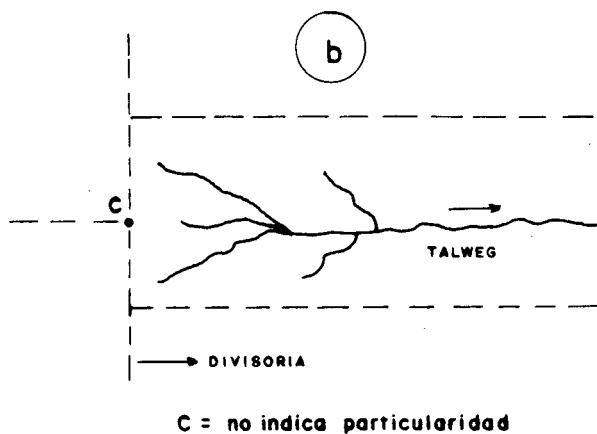
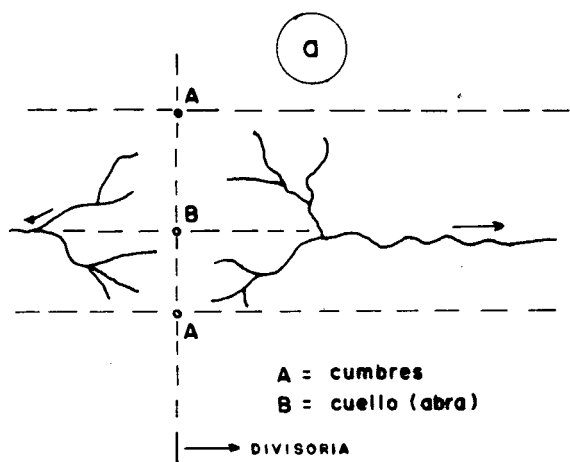
Para salvar los talwegs o vaguadas, se emplazará el puente en el lugar en que: el cauce se estreche, las márgenes sean firmes, el lecho insocavable, se aproxime a la dirección general del trazado.

Interpretación de la Figura Nº II-22

- Si en una divisoria nacen dos o más divisorias secundarias, este punto "A" tendrá un máximo de altura. (Fig. a)
- Si dos talwegs nacen de una divisoria, uno en cada vertiente, el punto "B" de encuentro en sus direcciones es un cuello o abra. (Fig. a)
- Si en una divisoria nacen, de un lado un talwegs y del lado opuesto una divisoria secundaria, este punto "C" no ofrece particularidad. (Fig. b)

FIGURA Nº 11-22

RELACION ENTRE DIVISORIAS, TALWEGS, CUMBRES Y CUELLOS



- Si dos talwegs después de ser paralelos se separan en sentidos opuestos, el punto "D" en que las direcciones divergentes se cortan, tiene un mínimo de altura. (Fig.c)
- Si dos ríos son paralelos, pero corren en sentidos opuestos, las líneas que unen sus fuentes cortan a la divisoria en un punto "E" en la que ésta tiene un mínimo de altura. (Fig. d)

Además de las conocidas reglas de Brisson que anteceden, se pueden mencionar las siguientes:

- De las dos vertientes de un valle tendrá mayor inclinación transversal, la más estrecha y corresponde a la menor separación entre el talweg y la línea divisoria.
- La vertiente cortada por mayor número de cursos de aguas, probablemente es más quebrada que la otra vertiente.
- Cuando la dirección general del río se aproxima a la línea recta, la pendiente del talweg es pronunciada y las laderas (vertientes) escarpadas (terrenos ásperos, impracticables).

- Si el río divaga formando grandes eses, correrá en un valle de pendiente reducida y vertientes muy tendidas.

2. Unión de dos puntos separados por una divisor

El punto de paso será un cuello o abra elegido en los reconocimientos. Para atravesar el abra, se asume una altura de corte o de relleno, si éste es amplio y está a nivel resulta más conveniente por lo general atravesarlo a nivel, esto es, con muy poco o ningún corte ni relleno. Pero, si fuera angosto y accidentado, se tendrá indudablemente que cortar profundamente (ya sea mediante corte abierto o túnel) para conservar las distancias de visibilidad en la cumbre y un alineamiento adecuado.

El mejor alineamiento, se obtiene generalmente pasando la línea diagonalmente por el abra de un lado de la cadena de cerros al lado opuesto de la misma; se deberá evitar en lo posible hacer una vuelta en U al cruzar un punto de paso. El paso más

bajo no necesariamente es el mejor ya que podría ser difícil alcanzarlo de uno o de los dos lados.

Luego, habrá que descender a uno y otro lado en el sentido longitudinal del valle hasta alcanzar los terrenos llanos más favorables que probablemente se encontrarán en la parte baja, comprendida entre el pie de los contrafuertes que lo bordean y las zonas inundables próximas al río, pues es la menos accidentada y de pendiente más uniforme, además en ella estarán los poblados más importantes, los centros industriales y en general los lugares que suministran mayor cantidad de transporte.

Recorriendo el talweg en sentido longitudinal, las pendientes serán suaves al principio, gradual y progresivamente aumentan a medida que se aproximan a su origen en la divisoria. Se presenta dos casos:

- Si la pendiente media del terreno fuese menor que la máxima del trazado, se lograría trazar con una pen-

diente uniforme. Pero a medida que se avanza, la rasante se va separando de los terrenos llanos que ocupa la parte inferior del valle, hasta cierto punto que comienza a acercarse hasta confundirse con ellos en las inmediaciones del cerro. Por consiguiente, el trazo se desarrollaría sobre las partes altas de las vertientes que en general, son accidentadas y poco apropiadas para construir, dejando terrenos buenos a su pie.

Es preferible descender con la pendiente máxima hasta alcanzar los terrenos llanos y continuar el trazado con la pendiente natural del valle; así se consigue que la rasante se adopte al terreno, disminuya el costo de construcción y la carretera corra en lo posible en la parte más desarrollada.

- Si la pendiente media del terreno, fuese mayor que la máxima del trazado, como es el caso de los trazados

de montaña frecuentes a salvar divisorias elevadas, habrá que hacer alargamientos mediante desarrollos para no exceder la pendiente máxima admisible.

Los desarrollos pueden ser: de vuelta abierta, en lazo, en zigzag; éstos no tienen otra finalidad que la de ganar altura; los primeros son preferibles cuando la configuración del terreno lo permita. En terrenos difíciles, se emplean los dos últimos sistemas.

Todo alargamiento implica un aumento en el costo de construcción y en los datos de explotación, por esto se recomienda que sean los más cortos posibles, no exceder la pendiente máxima, evitar los tramos de pendiente suave y las contrapendientes.

3. Línea de Gradiente

Es la línea que une una serie de puntos continuos y uniformes que siguen una misma pendiente, por tramos, desde el origen

hasta el punto de llegada. La unión de los puntos forman una línea muy quebrada a la cual se denomina línea de gradiente (eje preliminar de trazo).

La línea de gradiente nos servirá para ubicar la poligonal de apoyo que constituye el eje del trazo de la carretera, la que deberá representar en lo posible el eje definitivo. La poligonal de trazo perfecciona a la línea de gradiente, con alineamientos rectos y de mayor longitud.

Procedimiento para ubicar la Línea de Gradiente

- . Hallar la pendiente promedio máxima.
- . Adoptar la pendiente promedio máxima y según esto graficar las diversas líneas de gradiente que unen los puntos inicial y final.
- . Ajustar y corregir las líneas de gradiente dentro de las especificaciones.

Las líneas de gradiente nos dan una idea aproximada de la longitud del camino, cambios de pendientes y el valor de éstos,

teniendo así una base para escoger las mejores alternativas y pasar al estudio preliminar correspondiente.

En un proyecto se pueden trazar hasta cuatro alternativas de líneas de gradiente, de las cuales dos de ellas se descartarán apriori, básicamente por tener mayor longitud, pendientes máximas, mayor número de curvas de volteo en zonas topográficamente no apropiadas y probablemente se efectuará mayor movimiento de tierras, lo que demandará mayor tiempo en la fase constructiva y aumentarían los costos. Luego, se analizarán con mayor detalle las dos alternativas más idóneas que seleccionará la ruta más conveniente.

En consecuencia la elección de la ruta se escogerá después de haber hecho un estudio de trazo de las poligonales y perfiles correspondientes a ambas rutas.

4. Influencia Económica de la Pendiente

Al escoger la pendiente media máxima para el trazo de la línea de gradiente, se bus-

ca la economía en el trazado, puesto que un aumento de la pendiente origina una disminución de la velocidad del vehículo, éste a su vez una reducción de la capacidad de la vía, así como el consumo de combustible y desgaste de los neumáticos.

Por otro lado, si consideramos mayores pendientes ciñéndose al terreno se puede lograr un costo mínimo de explanación. Luego habrá un trazado límite y un trazado económico que hagan mínimo el costo de explanación y explotación.

Para altitudes menores de 3,000 m.s.n.m., según N.P.D.C.:

Pendiente máxima normal = 7%

Pendiente máxima excepcional = 8%

Si la pendiente crítica o media máxima fuera de 5%, se fijará 4.5% (la diferencia de 0.5% es un factor de seguridad para permitir compensación de pendientes y errores menores al medir longitudes a escala), debido a que posteriormente al hacer el trazo de las poligonales podemos

obtener una pendiente mayor a la pendiente promedio de la línea de gradiente; y esto porque, mientras que la línea de gradiente sigue la sinuosidad del terreno, la poligonal se hace mediante tramos rectos que aminoran la longitud total de la ruta.

Ciñéndose a las normas, en corte la pendiente será mayor de 0.5%, podrá hacerse uso de rasantes horizontales en los casos en que las cunetas adyacentes puedan ser dotadas de la pendiente necesaria para garantizar el drenaje.

5. Velocidad Directriz

Es la escogida para el diseño del proyecto, entendiéndose que será la máxima que se podrá mantener con seguridad sobre una sección determinada de la carretera. La selección de ésta, está influenciada por el relieve del terreno, el tipo de carretera a construirse, el volumen de tránsito que se espera y otras consideraciones de orden económico.

Todas las características ligadas a la se-

guridad del tránsito como el alineamiento horizontal y vertical, distancia de visibilidad y peralte, así como las características geométricas están relacionadas con la velocidad directriz.

No se puede pretender que la velocidad de diseño sea uniforme en toda la carretera, pues ello llevaría en muchos casos a trazados antieconómicos.

En consecuencia, en una misma carretera pueden existir tramos diseñados para velocidades diferentes; ahora bien: hay que evitar que exista un cambio muy frecuente de la velocidad directriz dentro de un mismo recorrido y se deberá considerar la velocidad máxima que será compatible con la seguridad de la circulación.

Si consideramos una $V_d = 45$ Km. p.h., según N.P.D.C.:

	RADIO	PERALTE
Mínimo Normal	75m.	6%
Mínimo Excepcional	55m.	10%

Cuando se trace en terrenos planos ($V_d \geq 80\text{Kph}$) ninguna curva deberá tener un radio menor a 500 m. y sería mucho mejor si se aumentara ese mínimo a 1,000 m. Cuando sea necesario tocar una curva cerrada, se introducirán en el alineamiento curvas menos pronunciadas a fin de preparar al conductor antes de llegar a la curva cerrada.

6. Trazado de la Rasante

Para el trazado de la rasante, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Siendo el movimiento de tierras, uno de los factores principales en los costos de construcción de una carretera, es indispensable que al trazar la rasante, busquemos que los cortes y rellenos se compensen tanto longitudinal como transversalmente. En la compensación longitudinal, se utilizará el material excedente de la compensación transversal para conformar rellenos de las estacas adyacentes.

- La topografía difícil de un tramo, es factor determinante en la ubicación de la rasante.
- Hay que tener presente en las curvas de vuelta de los desarrollos la pendiente máxima que debe usarse será el 2% menor que la máxima pendiente permisible para el trazo.
- Para facilitar el cálculo se recomienda hacer los cambios de pendientes hasta donde sea posible en las estacas enteras.
- Los tramos consecutivos de rasante, serán enlazados con curvas verticales parabólicas cuando la diferencia algebraica de sus pendientes sea de 2%. Las curvas verticales serán proyectadas de modo que permitan, cuando menos la distancia de visibilidad mínima de parada y la distancia de paso.
- Se debe evitar que las curvas horizontales y verticales, se superpongan o en caso contrario, es recomendable

que la curva en planta tenga una longitud mayor que la curva en perfil.

- En terreno llano, es preferible que la rasante o plataforma del camino esté sobre el terreno (en relleno), para garantizar un buen drenaje que es un factor importante para la buena conservación de la carretera.
- En terreno ondulado, por razones de economía la rasante seguirá las inflexiones del terreno no, sin perder de vista las limitaciones impuestas por la estética, visibilidad y seguridad.
- En terreno accidentado o montañoso, será necesario también adaptar la rasante al terreno, evitando los tramos en contrapendiente cuando debe vencerse un desnivel considerable, ya que ello conduciría a un alargamiento innecesario.

Cálculo de la Pendiente de la Rasante

La pendiente se calcula de la siguiente manera: se toma la cota del punto de partida, se resta de la cota del punto de cambio de pendiente, dividimos esta diferencia de cotas entre la distancia que la separa de estos puntos. El resultado se multiplica por 100, para expresar la pendiente en porcentaje y además deberá ser en lo posible exacto, ya que la pendiente se debe aproximar al décimo.

Para los siguientes tramos se procederá en igual forma.

Cálculo de las Cotas de la Rasante

Una vez obtenida la pendiente correcta, multiplicamos por la distancia a la que está ubicada la estaca respecto al punto base; a este resultado le restamos o le sumamos (según sea el signo de la pendiente) la cota del punto base. Este valor nos dará la cota de la rasante; de igual modo se hará con cada una de las estacas del eje de trazo.

Cálculo de la Altura de Corte y relleno.

Como se tiene la cota del terreno hallado con la nivelación, y la cota de la rasante, podemos hallar la altura de corte y relleno.

Si la cota del terreno es mayor que la cota de rasante, su diferencia nos dará la altura de corte y si sucede el caso inverso la diferencia nos dará la altura de relleno.

2.5 LA FOTOGRAMETRIA Y EL COMPUTO ELECTRONICO APLICADOS AL ESTUDIO DE PROYECTOS DE CARRETERAS

Los métodos modernos constituyen una combinación feliz de los estudios aéreos y de los procesos electrónicos, que permiten efectuar mejores diseños de carreteras. Sirven así mismo de acicate a la industria que fabrica instrumentos de ingeniería, para que produzca instrumentos más precisos y desarrolle métodos terrestres de operación más efectivos que los convencionales, para utilizar con más propiedad los dos primeros. Los resultados obtenidos darán mejores proyectos en mucho menor tiempo.

Bajo las condiciones actuales y viendo los requerimientos

que nos exigirá el futuro, el Gobierno continuará recibiendo solicitudes de nuevas y mejores carreteras, que puedan servir no solamente a las áreas que en la actualidad no poseen ninguna conexión con los centros comerciales, sino que permiten un aumento del flujo vehicular, que el mayor desarrollo cultural, social y económico que se origine, irá creando.

No pensemos que la actual etapa de estudios de carreteras y proyectos de mayor o menor importancia por la que atraviesa el Perú, disminuirá a medida que se construyan las vías que hoy solicitan los pueblos. Este requerimiento por nuevas y mejores carreteras no tendrá nunca fin; es entonces nuestra obligación, combinar los mejores métodos de ingeniería con el más saneado sistema de planeamiento integral de los productos afines, que permitan lograr resultados técnicamente aceptables.

Sabemos que la proyección de los alcances de una carretera, deberá hacerse para que sirva al tránsito que se desarrolle durante los 20 años siguientes; aunque ello no signifique que no pueda hacerse proyectos parciales para 5, 10 ó 15 años. Esta selección deberá incluir en su estudio el establecimiento de normas de servicio para que la carretera sea considerada conveniente, segura y cómoda, durante una vida razonable. En consecuencia debe planearse pensando más en las necesidades futuras que en las presentes.

Tenemos entonces que los elementos modernos se combinan con los elementos tradicionales, que consideran un adecuado alineamiento horizontal, aparentes curvas de transición, peraltes, sobreanchos, pendientes máximas y mínimas y longitud de curvas verticales, distancias de visibilidad, taludes recomendables y cualquier otra etapa de diseño o construcción.

En todos los aspectos anotados, tanto la aerofotografía como los cálculos electrónicos, sirven al conjunto y representan un efectivo planeamiento. Esto eliminará el trazo hecho por un solo especialista en el trabajo de campo, para dar lugar a la reunión de varios especialistas que puedan visualizar los problemas, aún sin necesidad de llegar a la zona misma del estudio.

De lo anterior, resulta impostergable considerar la necesidad de efectuar el estudio de carreteras con la cooperación de varios especialistas, que contribuyan en una u otra forma a la solución final. No es posible creer que exista un hombre que posea toda la experiencia que exige un eficiente diseño, ni que disponga del tiempo y energía física para poder efectuar por sí solo o bajo su sola dirección toda la labor.

La cercana y constante relación de los estudios aéreos con las otras fases de ingeniería, hace que forme parte

integral de cualquier proyecto, de llegarse a la conclusión de que su empleo no constituye un hecho aislado, sino parte esencial en el conjunto. La información esencial y el detalle suficiente podrá ser obtenido mediante el uso planificado de los estudios aerofotogramétricos y los procesos electrónicos, ligando necesariamente la información requerida con los estudios de control terrestre.

El resultado lógico de todos los esfuerzos combinados ha sido el notable incremento que nuestro país adopta en la utilización de dichos métodos. El Desarrollo de ellos en el Perú ya no depende del futuro sino que se están dando los pasos necesarios para su estabilización definitiva; hemos transpuesto el umbral del temor y del desconocimiento y ya podemos decir que caminamos confiadamente pensando en un futuro mejor, en que la utopía de la nueva ciencia-arte deje de ser tal y su aceptación en todo proyecto de ingeniería sea un asunto de rutina administrativa más que una decisión de gran trascendencia.

Es propósito llevar adelante la difusión de su conocimiento, con el fin de que se acelere la adopción de los sistemas más modernos utilizando tecnologías de punta y poder responder a las expectativas de un rápido desarrollo en el campo de programación de carreteras a corto plazo, cooperando así en el desarrollo integral del país.

2.5.1 Uso de Computadoras Electrónicas

Desde hace algunos años, la computación está teniendo en nuestra sociedad una gran influencia tal vez mayor que cualquier desarrollo tecnológico.

Se ha llegado al momento en que toda la labor propia de una oficina se puede llevar mejor contando con la ayuda de una computadora personal. Resulta difícil soslayar el mundo de la computación, ya que la eficiencia es aún mayor y los cálculos sumamente complicados pueden ser precisos y confiables en su totalidad.

El sorprendente mundo de la informática evoluciona a ritmo vertiginoso y cada día surgen equipos de ilimitadas posibilidades en cuanto a velocidad y precisión en sus funciones. El mundo no puede desconocer estos progresos por cuanto ellos marcan el ritmo de toda la actividad humana, el 90% de la cual tiene en las computadoras el elemento rector de sus actividades.

La agresiva y encarnizada competencia en el mercado de equipos de cómputo obligó a los

fabricantes a nivel mundial de computadoras compatibles, a reducir sus precios, y lo que es más interesante, a que éstos lanzaran algunos de sus más fascinantes productos de los últimos tiempos.

Conjuntamente con la tecnología moderna vienen a países como el nuestro "paquetes" de programas para distintos tipos de aplicación, pero en algunos casos con el defecto de que se adaptan a otra realidad como son las distintas normas o reglamentos propios de una nación más adelantada. Esto es muy usual en la ingeniería por lo que se debe trabajar adaptando tales programas o creando nuevos que sean útiles a nuestra realidad.

Algunas de las ventajas en la ingeniería de carreteras que aporta el uso de las fotografías aéreas y la rapidez que con ellas se logra si se las compara con los métodos terrestres, fue demostrado con mayor claridad cuando empezó a aplicarse el cálculo electrónico conjuntamente con los sistemas aéreos.

La Fotogrametría Analítica con el avance del cálculo electrónico ha hecho perder vigencia la

frase de Von Gruber "Fotogrametría es el arte de evitar los cálculos".

La Fotogrametría Analítica permite la configuración de base de datos para la creación de modelos digitales del terreno (M.D.T.) que en ingeniería sus aplicaciones fundamentales están centradas en la obtención de perfiles longitudinales y transversales del terreno, que transferidos a pantallas gráficas (consolas) se pueden obtener cálculos de superficies y volúmenes para proyectos de carreteras.

Es sabido la enorme importancia que tiene actualmente la fotogrametría en numerosos y complejos problemas de ingeniería, principalmente en el sentido estrictamente cartográfico, es decir la utilización de fotografías aéreas para la confección de mapas y planos en forma automatizada, a cualesquier escala.

Con el uso de computadoras y equipos electrónicos de cálculo los cuales han potenciado la fotogrametría de precisión, se obtienen planos diversos que cumplen una función social, cual es, la de servir no solamente a la generación que la ejecuta sino también a muchas generacio-

nes venideras, es decir una carta topográfica de un sector tiene un gran significado porque constituye un verdadero banco de datos con la más alta precisión.

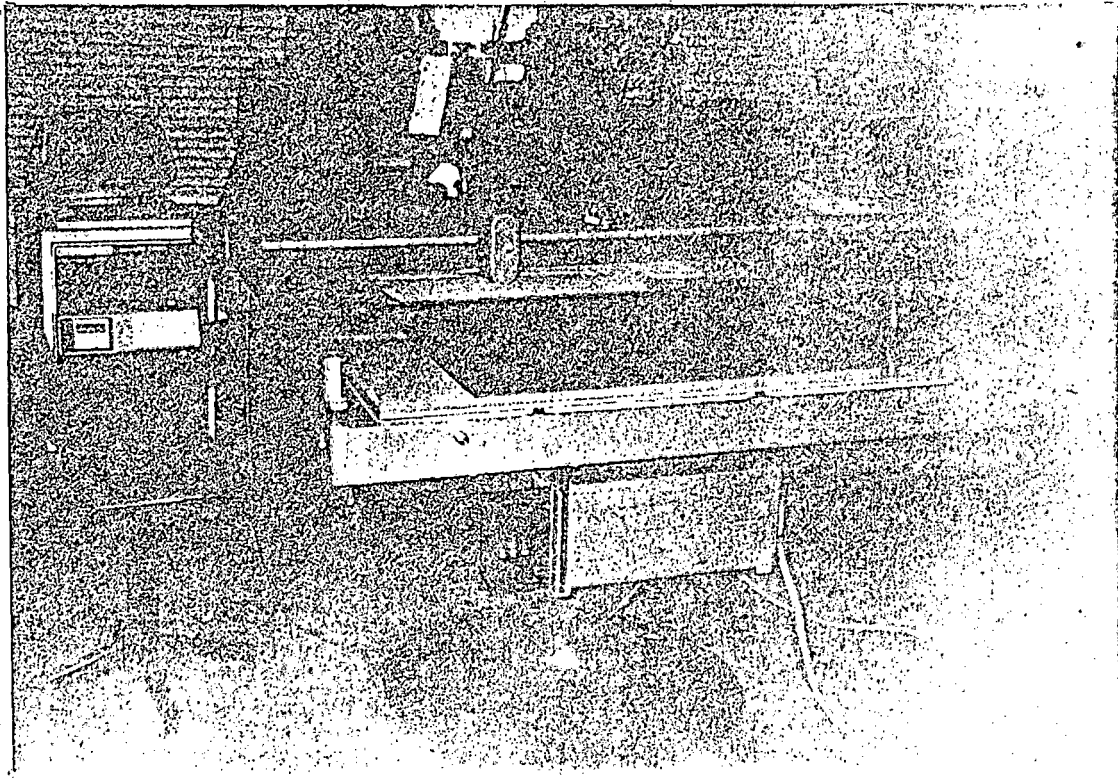
Los métodos analíticos determinan las coordenadas tridimensionales de los puntos en el terreno mediante el proceso de cálculo a partir de las coordenadas de sus imágenes en las fotografías aéreas medidas con precisión en equipos restituidores, que para el caso se usan como estereocomparadores.

El **restituidor analítico** es un aparato que cuando un operador efectúa una "puntería estereoscópica", es decir determina la identificación de dos rayos homólogos, mediante un cálculo automático proporciona el punto restituido, a través de una representación gráfica y/o numérica.

La función principal de un restituidor analítico es medir y grabar en la memoria de la computadora, las coordenadas terreno reales en tres dimensiones, los nombres de los modelos y todo el proceso de la colocación de éstos, de tal manera que cuando se va a realizar la restitución



Restituidor digital-automatizado, que compatibiliza con una computadora Leika PC-3



Coordinatógrafo o plotter electrónico, que va conectado al restituidor SD-2000, para el dibujo automatizado de planos topográficos — producto de la restitución aerofotogramétrica

ción ya no es necesario repetir estos procesos; se coloca las fotografías, se miden sus marcas fiduciales, se da el nombre del modelo con lo cual automáticamente se orienta y queda listo para su explotación.

Estos sistemas permiten al ingeniero guardar en la "memoria" en forma digital, la información dimensional obtenida fotográficamente sobre la topografía, lo cual nos lleva al dibujo automatizado. Esto se logra mediante el empleo de un coordinatógrafo o plotter electrónico, guiado y operado de tal forma que pueda dibujar puntos de control, curvas de nivel, planimetría general, perfiles y secciones transversales y cualquier otra representación que se considere necesaria. Se reducirá así al mínimo el estudio terrestre que resulta tan dificultoso en topografías como la nuestra.

En nuestro país es cierto que esta tecnología ha llegado pero no en la magnitud que necesita, el freno de esto es debido a los altos costos de los equipos y a la falta de capacitación del medio técnico que pueda desarrollar labores de acuerdo a las exigencias de cada trabajo.

Surge entonces la interrogante sobre los países que pueden contar con el adecuado desarrollo en estos campos para brindar esa enseñanza práctica que necesitamos y la transferencia de tecnología. Todos los países, sin excepción, requieren de la cooperación de todos los demás, para asimilar sistemas o desarrollar métodos experimentados en otros lugares, que tengan como fin común el desarrollo integral de nuestro continente.

En el Perú, dos son las instituciones rectoras para efectuar cualquier trabajo aerofotogramétrico y cartográfico, ya que cuentan para el efecto con equipos de restitución y aerotriangulación modernos y un personal altamente capacitado: el Servicio Aerofotográfico Nacional (SAN) y el Instituto Geográfico Nacional (IGN), que cuenta entre otros con el restituidor analítico SD-2000, que compatibiliza con una computadora Leika PC-3 y está conectado a un plotter electrónico para elaborar planos diversos. Su más reciente aplicación está en el levantamiento de las pampas de las "Líneas de Nazca", con excelentes resultados.

La labor en nuestro país no se limita a esas dos organizaciones. Precisamente, como resultado de ese desarrollo, existen una serie de organizaciones que utilizan dichos sistemas para el estudio de sus problemas particulares: la Dirección de Caminos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones que cuenta con un departamento de fotogrametría y cartografía en la División de Estudios y Proyectos, cuya labor está circunscrita al empleo de las fotografías aéreas en el planeamiento de carreteras; el Instituto de Catastro de Lima que cuenta también entre sus equipos con el restituidor Traster T-2, que puede utilizarse como estereocomparador y estereorestituidor analítico, destinado a la explotación tridimensional de todo tipo de pares estereoscópicos, que permiten obtener coordenadas-imagen con una precisión de una o dos micras, su labor está destinada a Catastro Integral Urbano, para su posterior uso en las municipalidades.

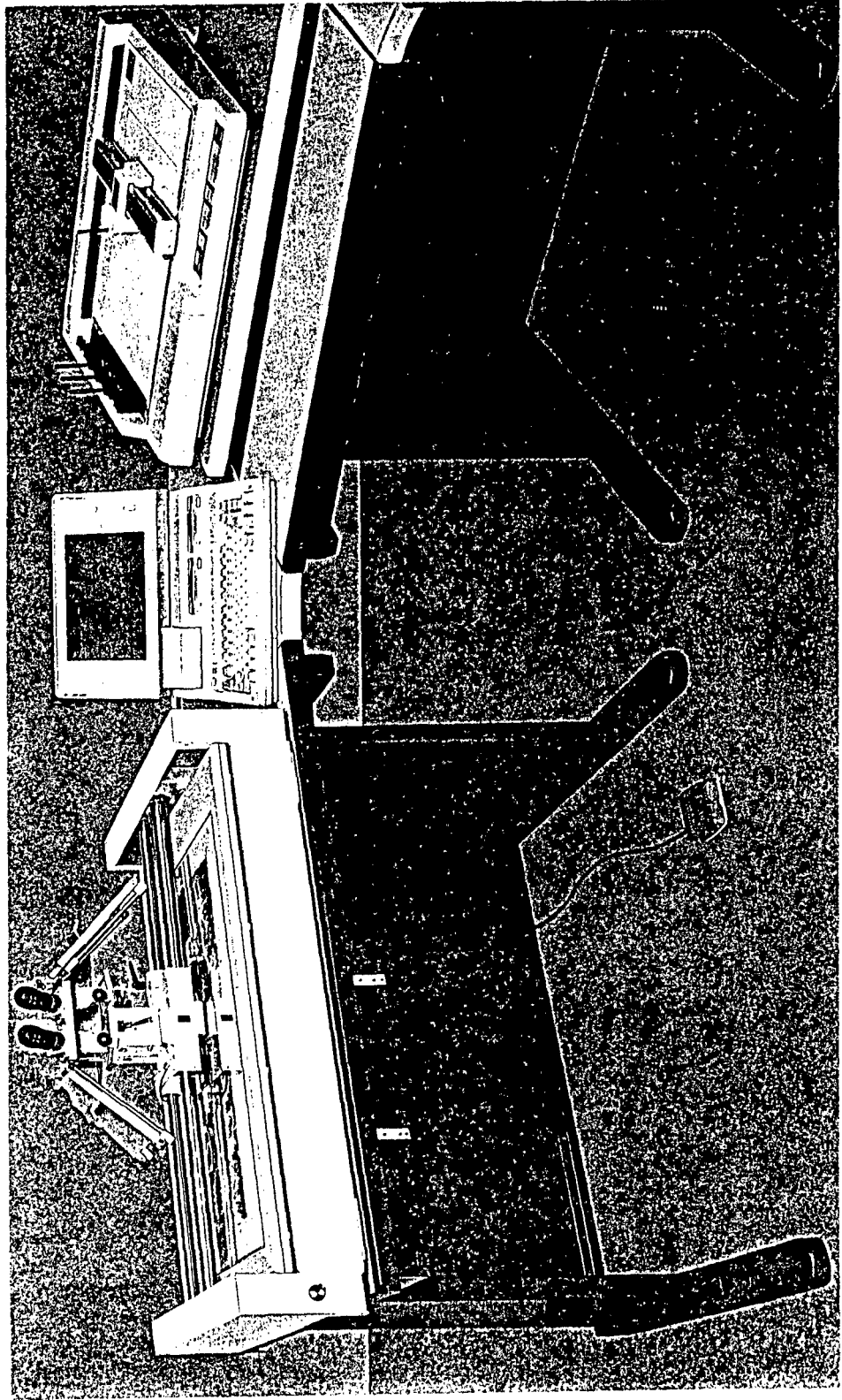
Como resultado vemos que el sistema computarizado en la fotogrametría evita el alto costo del trabajo de campo, tanto en la densificación de puntos de control como la restitución de cartas a cualesquier escala con toda la infor-

mación para llevar a cabo los diferentes proyectos que nuestro país necesita.

Sin embargo, es conveniente aclarar que no se ha llegado aún a lo que ya se denomina el "diseño automático". No existe en realidad ningún diseño automático que sea efectuado por las computadoras electrónicas, éstas sólo reaccionan automáticamente, después que se le han dado las instrucciones correctas en forma de código; pero el ingeniero, aún mantiene y determina el concepto del diseño, proporciona la información y hace la decisión final, luego de contar con los resultados de los cálculos que le proporciona la máquina.

La ventaja primordial, es que la extraordinaria rapidez con que trabaja una computadora, permite al diseñador estudiar varias alternativas en un tiempo muy corto, llega así a perfeccionar al diseñador y de ninguna manera a destruirlo. Los temores que algunos profesionales ven en la creciente utilización de las computadoras que podrían según ellos, desplazarlos alguna vez son pues infundados. Las computadoras son útiles cuando se trata de operaciones repetidas y tediosas o complicadas.

ESTEREOCOMPARADOR Topcon PD-1000



* Estereocomparador analítico (electrónico - computarizado)

Una computadora electrónica no es otra cosa que una máquina calculadora extremadamente rápida, con la habilidad de memorizar números e instrucciones. Para resolver un problema, el ingeniero debe reducir su método de solución, a una lista muy detallada de instrucciones. Estas instrucciones luego de memorizadas por la computadora, son ejecutadas a la velocidad de la luz para llegar a una respuesta y hallar la solución buscada.

La computadora no reemplaza a la máquina calculadora. Ellas conjuntamente con los cálculos manuales se suplementan para brindar las respuestas solicitadas con mayor rapidez y exactitud que con los métodos convencionales.

Aunque no puede considerársele como un "cerebro" por no poder analizar la información, inferir conceptos de ella, tomar decisiones, ejercitar juicios ni exhibir emociones como lo hace el cerebro humano, la computadora aventaja al cerebro humano, en que su utilidad resulta mayor al no estar sujeta a la imaginación del hombre, que puede llevar a cometer errores.

La única justificación para el uso del cálculo

electrónico, es la economía. Pero esta economía no se refiere únicamente a un ahorro de dinero, sino a una economía de materiales, tiempo y esfuerzo humano, que a su vez se traduce en un menor precio unitario.

Los métodos electrónicos son utilizados especialmente para la solución de problemas de ingeniería de carreteras, que de por sí sean extensos y complejos, que contengan numerosas repeticiones y utilicen numerosos tipos de información, dando la respuesta de modo de poder ser comparada con varios problemas similares.

El sistema de programas utilizados en ingeniería de carreteras y que pueden ser usados en diferentes posibilidades de estudio, como son de factibilidad o de estudio definitivo, tienen el fin de buscar un lazo entre la tecnología moderna y los métodos convencionales, es decir que la recopilación de datos se realice como siempre se ha trabajado y el trazo en cuanto al diseño sea ayudándose de una computadora que elabore todo lo que sea rutinario en cuanto a cálculos típicos se refiere, siempre con las nuevas normas que se puedan dar en nuestro país y sin descuidar los criterios de diseño.

Algunos de los problemas de ingeniería de carreteras que pueden ser programados para su desarrollo en computadoras electrónicas son:

1. Estudios:
 - a) Cierre de un eje de trazo
 - b) Ajuste de un sistema de triangulación
 - c) Conversión de coordenadas.
2. Diseño de Planta y Perfil:
 - a) Trazado, pendientes y curvas
 - b) Volumen de movimiento de tierras
 - c) Valorización de terrenos adyacentes
3. Diseño de Puentes:
 - a) Longitud de la luz del puente
 - b) Diseño de vigas y armaduras
 - c) Análisis de esfuerzos.
4. Análisis de Tránsito:
 - a) Origen y destino
 - b) Previsión de la demanda.
5. Estudios de Drenaje:
 - a) Aguas de escorrentía
 - b) Estructuras de drenaje.

6. Ingeniería de Tránsito:

- a) Sección transversal
- b) Planta y perfil
- c) Diagrama de masas.

En conclusión, podemos asegurar que la computadora electrónica usada apropiadamente y en conjunción con las fotografías aéreas, contribuirán indudablemente a lograr el desarrollo en que está empeñado el Perú, en mucho menor tiempo que el programado.

Su utilización en el país es cada día más creciente y sólo esperamos un continuo avance en su aplicación técnica, que redunde en beneficio directo de los programas de desarrollo que tiendan a elevar el nivel de vida, no sólo de nuestros pobladores, sino de todos aquellos que esperan un merecido y acelerado progreso; palabras vertidas por nuestro Presidente Ing. Alberto Fujimori Fujimori, en TECNOTRON-93.

2.5.2 Sistema de Información Geográfica (SIG)

Es un proceso tecnológico moderno, versátil y poderoso compuesto por un conjunto de componentes interrelacionados que funciona como una

unidad; asiste a las operaciones de entrada, almacenamiento, manipulación, transformación, consultas y despliegue de datos georeferenciados del mundo real a fin de satisfacer propósitos específicos, constituye un puente de soporte entre el sistema real y los usuarios.

El SIG, tiene como objetivos específicos:

- Tener la ubicación espacial del problema en estudio.
- Normalizar la recolección de datos.
- Proporcionar un almacenamiento coherente de la información espacial, integrando el procesamiento digital de imágenes.
- Analizar y modelar los datos utilizando diferentes programas de computador (Arc, Info, Span) para producir información útil en la toma de decisiones, antes que un error de planeamiento modifique irreversiblemente el paisaje mismo.
- Facilitar la presentación gráfica de los resultados mediante diversos periféricos

de salida (impresoras, graficadores de pluma).

El conjunto de objetivos referidos anteriormente, hacen que el sistema tenga un rol decisivo en la renovación y dinamización de todas las actividades que involucren la evaluación del espacio geográfico y de los diferentes requerimientos previstos para la toma de decisiones, cuya demanda se ha incrementado vertiginosamente en estos tiempos.

Las principales funciones del SIG son:

- Entrada de datos, cuya procedencia puede ser de teledetección (sensores remotos), cartografía en diversas escalas y proyecciones, estadísticas, modelamiento digital del terreno, etc.
- Almacenamiento y organización de la base de datos.
- Análisis, que permite efectuar cualquier operación que transforme las variables originales para un objetivo determinado.

- Presentación gráfica y tabular, que permite la obtención de los resultados del análisis y modelamiento en formatos de alta calidad cartográfica, para representar la realidad que interesa conocer.

El SIG es aplicable a todas las actividades técnicas. En América Latina, ya se viene aplicando este sistema; en el Perú su desarrollo es limitado.

2.6 IMPACTO AMBIENTAL EN PROYECTOS VIALES

La incorporación de la temática de los recursos naturales y de la conservación del medio ambiente en la planificación del desarrollo nacional, es reciente y constituye una forma de abordar la realidad económica-social-medio ambiental, lo que significa un nuevo enfoque metodológico que implica la identificación de problemas actuales y riesgos potenciales que hacen evidente la necesidad inmediata de introducir la dimensión ambiental en la ejecución de las diferentes actividades humanas.

El hombre moderno, con el objeto de lograr una mejor calidad de vida, ha modificado considerablemente su entorno natural, generando problemas ambientales que actualmente constituyen un serio riesgo para la conservación del am-

biente y la salud humana.

El reto es establecer los límites que la sociedad está "dispuesta a aceptar" en términos de beneficios (ganancias materiales) y pérdidas por efectos colaterales; así también adquirir conocimientos multidisciplinarios que permitan desarrollar nuestra habilidad para predecir dichos efectos.

El logro del Desarrollo Sostenible requiere reconocer y aceptar que, ambiente y desarrollo no se excluyen, sino, se complementan interdependientemente y, a largo plazo, se refuerzan mutuamente.

El Perú, bajo una óptica de desarrollo sostenible y a fin de cumplir con los compromisos adquiridos en la "reunión cumbre" celebrada en Río de Janeiro en 1992, tiene que incorporar conceptos y criterios coherentes y pertinentes de "Impacto Ambiental" en todos los proyectos y/o acciones de desarrollo:

Esto adquiere especial relevancia, ya que el Código del Medio Ambiente indica que todo proyecto de obra o actividad, sea de carácter público o privado, que pueda provocar daños no tolerables al ambiente, requiere de un estudio de impacto ambiental (EIA).

El EIA al igual que el análisis económico, es un instrumento que proporciona conceptos y metodologías interdisciplinarias de análisis para la planificación del desarrollo sostenible, que permitan identificar y evaluar los costos ambientales asociados a la formulación y evaluación de proyectos, mediante la información de impactos probables sobre el ambiente, recursos naturales, ecosistema (flora y fauna), aspectos socioeconómicos y de salud humana.

El EIA, debe tener una clara finalidad: que la población comprenda y haga suyos los problemas, propiciando su plena participación. No es una tarea que sólo el Estado debe conducir, realizando acciones concretas o dictando medidas en cuanto a la protección del medio; muy por el contrario, somos los propios usuarios a quienes corresponde la mayor responsabilidad por ser los beneficiarios directos y permanentes de un bien escaso y muchas veces irreversible. Cada una de nuestras acciones por muy pequeñas que sean, tienen repercusión definida sobre el futuro del medio.

Una evaluación somera de los impactos actuales o potenciales que sobre el medio, produce u origina la actividad del hombre, permite establecer los impactos de mayor persistencia: erosión y pérdida de la fertilidad de los suelos, modificación del régimen hidrológico y de la calidad del agua.

El primero, que provoca una degradación o desertificación acelerada debido al proceso de destrucción o deterioro de los recursos naturales y al mal uso de la tierra, con fatales consecuencias que actualmente se dejan sentir tanto en el medio rural como urbano. Prácticas agrícolas apropiadas y de agroforestería es la ruta indicada para recuperar y hacer rentables los suelos erosionados, reconstituyendo la capa vegetal y permitiendo su eventual utilización en otras clases de cultivos; tecnologías que convierten el ecosistema natural (bosque) en ecosistema productivo, sin alterar o atentar en alto grado el equilibrio ambiental, por cuanto estas tecnologías reproducen o imitan casi fielmente las condiciones del "bosque natural", donde sabiamente la naturaleza conserva y aprovecha eficientemente el suelo, su fertilidad y capacidad productiva, el agua, el clima, la energía solar, los vegetales y los animales, y donde no se produce la erosión de los suelos.

El segundo, se traduce en una elevación de las descargas de avenidas y una disminución de las descargas de estiaje, con los consiguientes problemas de inundaciones y sequías, siendo la medida controladora o mitigadora del impacto, la reforestación o agroforestación de las tierras, que implica además la recuperación y regulación de las cuencas hidrográficas, reduciendo la sedimentación y minimizando sequías, inundaciones, deslizamientos, derrumbes, socavamientos, entre otros.

CLASIFICACION AMBIENTAL

GRUPO	UNIDADES AMBIENTALES	POTENCIAL Y USO RECOMENDABLE	SÍMBOLO	VOCACION DE USO PRINCIPAL
I	1. U.A. en Planicies Inestables	Potencial reducido. Agricultura es posible únicamente en épocas de estípite. Programación de cultivos y prohibición de deforestación, son recomendables.	1.1	Reserva natural y otros usos
	2. U.A. en Planicies Estables	Es el ambiente con mayor potencial agropecuario y para la ocupación del espacio territorial. Se debe prohibir la deforestación ribereña y planificar el crecimiento de los núcleos urbanos hacia áreas con menor potencial agropecuario.	2.1	Cultivos en Limpio
			2.2	Cultivos Permanentes
			2.3	Pastos
	3. U.A. en Laderas Estables	El recurso natural de mayor relevancia es el suelo, siendo indispensable su conservación mediante prácticas agrícolas apropiadas y la restricción en el uso de maquinaria agrícola. Favorable para el desarrollo de núcleos poblacionales.	3.1	Cultivos en Limpio
			3.2	Cultivos Permanentes
			3.3	Pastos
	4. U.A. en Laderas Inestables por Remoción en Masa	Potencial más limitado, debido a inestabilidad. Empleo de tecnologías agrícolas y forestales apropiadas o intermedias, es recomendable, así como reforestación. Crianza debe ser establecida o semiestablecida.	4.1	Cultivos en Limpio
			4.2	Cultivos Permanentes
			4.3	Pastos
			4.4	Forestales de Producción
	5. U.A. en Laderas Inestables por Erosión Laminar y Concentrada.	Recurso de mayor potencial es el suelo. Su conservación exige selección de cultivos, empleo de tecnologías apropiadas y máxima restricción de maquinaria agrícola, crianza establecida o semiestablecida, reforestación y protección de áreas con mayor pendiente.	5.1	Cultivos en Limpio
			5.2	Cultivos Permanentes
			5.3	Pastos
II	6. U.A. para Uso Forestal	Reúne áreas apropiadas para la producción forestal. Su potencial es medio a bueno. Los ambientes con clima más seco y topografía más abrupta, son más apropiados para fines de protección. Reforestación y planes de manejo forestal, son necesarios.	6.1	Bosque Clímax
			6.2	Bosque Secundario
III	7. U.A. para Uso Minero	Principalmente referido a minerales no metálicos (sal y yeso). Es necesario evitar la tala de vegetación natural, para prevenir desgaste por influencia hídrica. Uso agropecuario debe ser limitado. En zonas marginales, se debe establecer zonas de reserva natural.	7.1	Explotación Minera no Metálica
IV	8. U.A. para Reservas Naturales y otros usos.	Importantes por función reguladora de condiciones bioclimáticas e hídricas, por su valor paisajístico, y para su aprovechamiento turístico. Presentan potencial hidroeléctrico. Se debe evitar explotación forestal e instalación de asentamientos humanos. Reforestación es necesaria en áreas intervenidas.	8.1	Ambientes No Intervenidos
			8.2	Ambientes Intervenidos
V	9. U.A. Lagunas	Potencial de uso múltiple. Importantes para fines turísticos, científicos, para irrigación y generación hidroenergética. Deben constituir áreas de reserva natural, siendo necesaria la preservación de flora y fauna típicas.	9.1	Usos Múltiples
	10. U.A. Ríos	Importancia relacionada con fauna acuática, riego, generación hidroenergética y navegación fluvial. Se requiere prevenir la contaminación, principalmente por desechos de núcleos urbanos aledaños. Asimismo, es necesario reglamentar la navegación.	10.1	Usos Múltiples
VI	11. U.A. Antrópicas	Relacionadas con obras de infraestructura y otras actividades humanas, incluyendo carreteras y ciudades. Estas no deben ubicarse o extenderse hacia áreas inundables o con potencial agropecuario.	11.1	Centros Poblados

La acción de estos procesos es atenuada por la cubierta vegetal natural; sin embargo, debido al desarrollo de actividades humanas, estos procesos pueden reactivarse o intensificarse.

El tercero, significa un cambio de las características físicas, químicas y/o bacteriológicas del agua, con el consiguiente impacto sobre la vida acuática, siendo el tratamiento previo a la disposición final de desechos y el control del empleo de productos químicos de los procesos productivos, las medidas que podrían controlar o mitigar el impacto.

2.6.1 Importancia de nuestra Selva para el Desarrollo del País

El Perú, uno de los países del mundo donde la mitad de su superficie está aún cubierta de bosques, paradójicamente parece ignorar el privilegio de esta riqueza forestal malgastándola y destruyéndola a un ritmo acelerado. Por constituir una invaluable fuente de recursos económicos, sociales y ecológicos, la destrucción del bosque y del suelo en el que éste crece, es un atentado contra nuestro presente y nuestro futuro.

Como es de conocimiento general, la región de la Selva representa el 56% del área total del territorio nacional, aproximadamente 72 millones de hectáreas. De esta superficie se calcula que el 74%, es decir 53 millones de has. son tierras aprovechables para la agricultura y la ganadería; superficie que representa el 95% del área total aprovechable que tiene el país correspondiendo el 1% a la Costa y el 4% a la Sierra. Esto significa que tenemos en la Selva una enorme extensión de tierras disponibles para la agricultura, ganadería y la explotación forestal; es decir, tierras útiles para la producción de alimentos y productos diversos.

La región de la Selva, es la unidad geográfica que está constituida por el vasto llano amazónico que comienza en el flanco oriental y termina en las zonas bajas y planas o casi planas de la selva propiamente dicha.

Puede servirnos para fijar aproximadamente el límite superior de la selva, la curva de nivel de los 1,500 m.s.n.m. situado en la vertiente oriental de la Cordillera Oriental. Desde luego nos parece que la Isoterma (línea que pasa por todos los puntos de la tierra de igual tempera-

tura media anual) de los 20 grados centígrados sería la línea que pueda definir con mayor exactitud este límite.

La región de la Selva (721,000 Km²), es más de cinco veces mayor que la Costa (144,000 Km²) y duplica (1.7) a la Sierra (420,215 Km²). Se subdivide en Selva Alta y Selva Baja.

a) Selva Alta

Se extiende de Sur a Norte, abarcando geográficamente parte de las provincias de Sandia y Carabaya en el Departamento de Puno; a la Provincia de la Convención y parte de la de Quispicanchis, los distritos de Marcapata y Camanti del Departamento del Cuzco; las provincias de Huanta y La Mar del Departamento de Ayacucho; las zonas de Chanchamayo, Satipo y Pangoa del Departamento de Junín; la Provincia de Oxapampa del Departamento de Pasco; la Provincia de Leoncio Prado (zona de Tingo María) y parte de la Provincia de Pachitea, Marañón y Huamalíes del Departamento de Huánuco y casi la totalidad de los departamentos de Amazonas y San Martín.

La topografía de los terrenos de Selva Alta es fuertemente accidentada, porque corresponde en su mayor parte a los contrafuertes orientales de la Cordillera Oriental que desciende al llano amazónico. Sin embargo, se encuentran amplios valles formados por depósitos aluviales de los ríos como los del Huallaga y sus afluentes en el Departamento de San Martín que reúnen condiciones extraordinarias para un notable desarrollo agropecuario. En cambio al sur del país, las zonas de los ríos como el Tambopata, Inambari y el Alto Urubamba son muy accidentadas ya que a todo lo largo de su curso a través de la Selva Alta, sólo forman estrechas gargantas sin ningún valor agrícola, tanto por la pobreza de los suelos o la inexistencia de ellos, como por la excesiva pendiente.

La Selva Alta abarca 221,000 Km² (22 millones de has. aproximadamente) osea el 30% de toda la selva.

b) Selva Baja

Esta comprende principalmente el área de

los departamentos de Loreto, Ucayali y Madre de Dios. Presenta una morfología con terrazas poco elevadas modeladas en colinas con superficies convexas que raras veces sobrepasan los 50 m. de altura y que en conjunto presenta un relieve con ligeras ondulaciones.

Las zonas de muy bajo nivel forman la parte pantanosa conocida con el nombre de aguajales y comprende una extensión de 40,000 Km². Toda la Selva Baja o llano amazónico abarca 500,000 Km² (50 millones de has.), osea el 70% de toda la selva y está a niveles menores de 500 m.s.n.m.

Las condiciones actuales de nuestra geografía ofrecen dos oportunidades claramente diferenciables, para promover el desarrollo económico, social y ecológico del país: el bosque natural con su variedad de especies nativas y frágiles suelos y el bosque reforestado con especies seleccionadas para prosperar en suelos desgastados, se complementan mutuamente para proveer al país de un equilibrio forestal aprovechable a perpetuidad.

Para convertir a nuestros bosques en un verdadero motor del desarrollo, estamos en la obligación de aprender a usarlos racionalmente: solo así aseguraremos su protección y la de las tierras donde crecen.

El aprovechamiento racional del bosque consiste en su cosecha eficiente y ordenada, desarrollando y utilizando sistemas que aseguren su renovación.

Mientras la utilización racional de los bosques naturales contribuye a la conservación de los que aún subsisten, los bosques reforestados con especies apropiadas disminuyen la presión sobre el bosque natural y permiten la recuperación de tierras deforestadas y desgastadas.

En el Departamento de San Martín, localizado en el sector septentrional y central del territorio peruano, el bosque constituye el primer recurso explotable y que, además, ofrece buena rentabilidad. Por esta razón, gran parte de la superficie que abarca, típica de selva alta, ha sido intervenida con modalidades que varían desde la explotación selectiva, que degrada progresivamente al bosque natural, hasta la

tala total para dedicar el área a otros usos, principalmente la actividad agropecuaria. Sin embargo, es menester precisar que existe todavía una considerable y mayoritaria extensión de áreas con bosques clímax de producción y otros con bosques de protección.

Los suelos de vocación forestal son muy frágiles. Al talar el bosque natural y quemar sus residuos para dedicar el suelo a la agricultura o la ganadería, la capa orgánica desaparece rápidamente, dando paso a una tierra pobre en nutrientes y deteriorada en sus propiedades físicas con una vida productiva muy corta.

Los bosques de protección por sus características y ubicación fundamentalmente sirven para conservar los suelos y las aguas, protegiendo a las tierras agrícolas, infraestructura vial o de otra índole y centros poblados, garantizando el aprovisionamiento de agua para consumo humano, agrícola e industrial.

El Departamento de San Martín, basa el potencial de su desarrollo en el recurso suelo, ligado a la actividad agropecuaria ocupando el 66% de la población económicamente activa.

La explotación de su valle se ha intensificado notablemente, distorsionada de manera muy significativa por el cultivo de la coca, que avanza en forma desenfrenada hacia todos sus pueblos; situación que es sumamente peligrosa porque puede llevar a distorsionar toda la estructura productiva del Departamento, con gravísimas consecuencias sociales, económicas, técnicas, ecológicas y políticas. La violencia que genera el narcotráfico tiene efectos negativos sobre la inversión.

En opinión del Ing. Raúl Ríos Reátegui, Especialista en Medio Ambiente y Recursos Naturales, frente a este panorama que se torna sombrío se hace impostergable rehabilitar en la selva alta, las tierras afectadas de los valles y laderas, para restablecer el medio ambiente deteriorado y a su vez contrarrestar el problema del cultivo de la coca. La solución del problema del narcotráfico, no está en la erradicación del cultivo extirpando de raíz la planta de coca, sino ofrecerle al productor de esta hoja alternativas reales, presentándole "modelos de agricultura en pisos o estratos de cultivos", mediante "sistemas agroecológicos" como los policultivos o multicultivos, que le

lleven al ordenamiento y aprovechamiento adecuado de los recursos naturales que diariamente maneja; suelo, agua, clima, energía solar, vegetales y animales, componentes vitales del medio ambiente del cual el productor también es parte esencial.

El éxito del desarrollo de los sistemas agroecológicos dependerá principalmente de su difusión, asistencia técnica y crediticia y otros incentivos que debe proporcionarse al campesino, erradicándose así la agricultura migratoria (itinerante) tan perjudicial al ecosistema de la zona como al agricultor.

En la actualidad los suelos de la región se utilizan sin criterio ni sentido conservacionista; la conservación del suelo es hasta el presente una actividad prácticamente nula, no se da a este recurso preferente atención.

Sobre la necesidad de conservar la fertilidad de estas tierras, existen verdaderas razones: los angustiosos problemas socioeconómicos que afronta el país en sus regiones de la Costa y la Sierra, derivados entre otros factores de la presión de población, presión de escasez de

tierras, escasez de agua, pocas tierras colonizables, uso deficiente de los suelos, bajos rendimientos de los cultivos que llevan en conjunto a un déficit de productos alimenticios; constituyen hechos importantes que indican claramente la necesidad y urgencia de mantener la fertilidad de estas tierras pródigas de la región.

No cabe duda, que de la forma como el hombre administre estas tierras, de la forma como conserva su fertilidad y capacidad productiva, dependerá el desarrollo permanente de la agricultura, la ganadería y la actividad forestal y como tal el desarrollo rural, el progreso de la región y por ende del país.

2.6.2 La Nueva Filosofía de las Carreteras

Una carretera tiene una importancia clave en el crecimiento económico de una región, originando siempre una zona de influencia, condicionada a llevar los productos y materias primas que se necesitan, y a dar salida a todos los productos y artículos que se produzcan, constituyendo un factor estimulante para las inversiones.

Hoy en día, todo camino se debe construir siguiendo la nueva filosofía de las carreteras, cual es, la de ganar mayor cantidad de tierras útiles, dentro de los límites que implica una mayor longitud de recorrido.

Naturalmente cuanto mayor sea la longitud del recorrido, que en promedio representa una desviación aproximadamente del 25% de la ruta ideal, menor será el deseo de aceptar este alejamiento de la ruta ideal, puesto que este mayor recorrido representa mayor costo para el vehículo; sin embargo, esto se justifica por la mayor extensión de tierra útil que se incorpora, generando productos agrícolas rentables.

De acuerdo a esta nueva filosofía, el recorrido no está en función de las ciudades ya establecidas, sino en función de las tierras productivas. En consecuencia, "es la tierra productiva y no la ciudad, la que determina el camino".

Esta nueva concepción, nos hace comprender, que tenemos cifrada fundadas esperanzas en las nuevas tierras a incorporar, donde se formarán nuevos pueblos; sin embargo, debemos tener presente que en la forma como explotamos estas

tierras, no conlleve a la destrucción de sus recursos naturales, sino más bien, signifique la conservación de los mismos en el propósito de asegurar a las generaciones presentes y futuras un suelo fértil que sea base de su estabilidad económica y garantía de su bienestar social.

Por lo expuesto, el punto de partida para un desarrollo sostenido, no está en seguir destruyendo nuestros bosques para la "ampliación de la frontera agrícola" que no es sino optar por formas extensivas y empíricas de hacer agricultura y ganadería casi nómade de bajos rendimientos y en extremo destructiva, que atenta gravemente contra el equilibrio de un ecosistema en extremo frágil.

Buena parte de nuestra riqueza forestal ha sucumbido ante la creencia de que la tierra se valoriza al eliminar el bosque que la cubre. La erosión de los suelos y las periódicas sequías e inundaciones, son algunos de los resultados del menosprecio con que hemos mirado tradicionalmente al bosque.

Si el bosque no es percibido como fuente de beneficios directos, el hombre irremediablemente lo destruirá, legando a sus descendientes un país cada vez más pobre; de allí la importancia de la conservación de nuestro medio ambiente tropical para el desarrollo de la región y del país en su conjunto.

En la construcción de carreteras, como elementos de un paisaje en transformación en las zonas tropicales, según la opinión del Ing. Raúl Ríos Reátegui, Especialista en Medio Ambiente y Recursos Naturales, se deben tener en cuenta los siguientes nuevos conceptos:

- a) El concepto de eco-desarrollo o bien el desarrollo con base ecológica, es decir, el desarrollo conservando el medio ambiente, armonizado con el aprovechamiento racional de los recursos naturales, básicamente los renovables.

No olvidemos, que la base fundamental para el desarrollo económico de una región descansa en sus propios recursos naturales.

- b) El concepto de impacto ambiental, es decir, las alteraciones que las actividades no planificadas del hombre provoca en el medio, que se explica como consecuencia del impacto poblacional o crecimiento demográfico, procesos que de alguna manera al producirse rompen el equilibrio natural del ecosistema.

En efecto, el aumento rápido de la población a la aspiración de desarrollo económico y a la búsqueda de nuevas fuentes de alimentación y madera para superar necesidades imperiosas y/o el afán de lucro inmediato explican, en gran parte, las modificaciones que afectan a los bosques tropicales hoy en día, modificaciones o impactos que presentan consecuencias ecológicas: erosión y pérdida de la fertilidad de los suelos, empobrecimiento genético, alteración del régimen hidrológico de las cuencas y de la calidad del agua.

Este concepto es requisito indispensable en toda obra de infraestructura vial, irrigaciones, hidroeléctricas, etc.

- c) El concepto de asentamientos poblacionales rurales integrales, mediante una planificación del uso adecuado de la tierra que conlleve a una colonización ordenada y no en forma individual, desordenada y sin ningún control del ingreso de colonos y campesinos, como ha ocurrido a lo largo de las carreteras que se han construido en la Amazonía.

Además, en esta planificación se debe tener en cuenta franjas de bosques intangibles a ambos lados de la carretera en las áreas que aún conservan su vegetación original, así como permitir la regeneración natural o la agroforestación de las áreas deforestadas allí ubicadas, lo que traerá beneficios en el ecosistema y en la carretera misma al evitar deslizamientos, derrumbes, hundimientos, inundaciones, etc. y, al mismo tiempo que sirve como una reserva natural con fines de protección de flora y fauna silvestre, valores escénicos, científicos, recreativos y otros que impliquen beneficio colectivo o de interés social. Estas franjas deberían tener una amplitud no menor de 50 m. en las áreas de

terrazas y planicies elevadas, mientras que al cruzar zonas no apropiadas podrían abarcar toda la superficie de dichas áreas.

Cabe anotar, que con la introducción de estos nuevos conceptos, se tendrá asegurada una carretera permanente y una conservación permanente del medio ambiente y sus recursos naturales; tal como lo interpretó el Presidente J.F. Kennedy en 1962 al expresar: "la conservación es el uso sabio de nuestro medio ambiente; esto es, en un análisis final, la más alta forma de ahorro nacional a la prevención y al deterioro, mientras preservamos, mejoramos, renovamos la calidad y utilidad de todos nuestros recursos".

Por lo general, todos los centros poblados se han desarrollado casi espontáneamente, con un crecimiento no planificado, ni física ni ambientalmente, lo que complica su funcionamiento y pone en riesgo a sus habitantes.

A parte del aprovechamiento directo de los recursos y la utilización intensiva a la que se someten los suelos, comprende así mismo el desarrollo de núcleos poblacionales e industria-

les (como aserraderos), de caminos de herradura y trochas carrozables; todo lo cual constituye, en su conjunto, una infraestructura espontánea y sin diseño, donde se desconoce a la dinámica natural del medio, lo que provoca la concentración de los procesos y la modificación negativa del medio natural y sus consecuencias, con tendencia hacia la inestabilidad.

Existen numerosos casos en los que, debido a la falta de un planeamiento físico y ambiental, se han originado diferentes problemas, tales como lo ocurrido con la ciudad de Lamas con el suministro de agua, debido a su ubicación en la cima de una colina aislada y rodeada de depresiones profundas. En otros centros, por encontrarse ubicados en áreas de clima seco y cálido, el suministro de agua potable constituye un problema permanente y cuyo mantenimiento demanda grandes inversiones. Así mismo, algunos centros poblados afrontan riesgos de estabilidad, por encontrarse ubicados en las riberas de los ríos, en los fondos de quebradas y/o al pie de cordilleras, que constituyen áreas de elevada sismicidad.



CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1 MATERIALES

En la ejecución del presente estudio se han utilizado los equipos e instrumentos convencionales:

a. Instrumentos

- Estereoscopio de espejos con equipo de iluminación trasluz.
- Estereoscopio de bolsillo.
- Barra de paralaje.
- Planímetro.

b. Información Cartográfica

- Fotografías aéreas verticales pancromáticas (blanco y negro), tomadas por el Servicio Aerofotográfico Nacional (SAN), correspondientes

a los proyectos siguientes:

- . 68-60-AII, escala 1:40,000, año 1961.
- . 068-60-AII, escala 1:26,000, año 1961.
- . 149-66-A, escala 1:20,000, año 1967.
- . 507-67-B, escala 1:20,000, año 1967.

- Fotoíndices.
- Mosaicos semicontrolados, escala 1:20,000, elaborados a partir de las fotografías mencionadas anteriormente.

Además como información cartográfica de apoyo para los estudios, se utilizó la siguiente documentación:

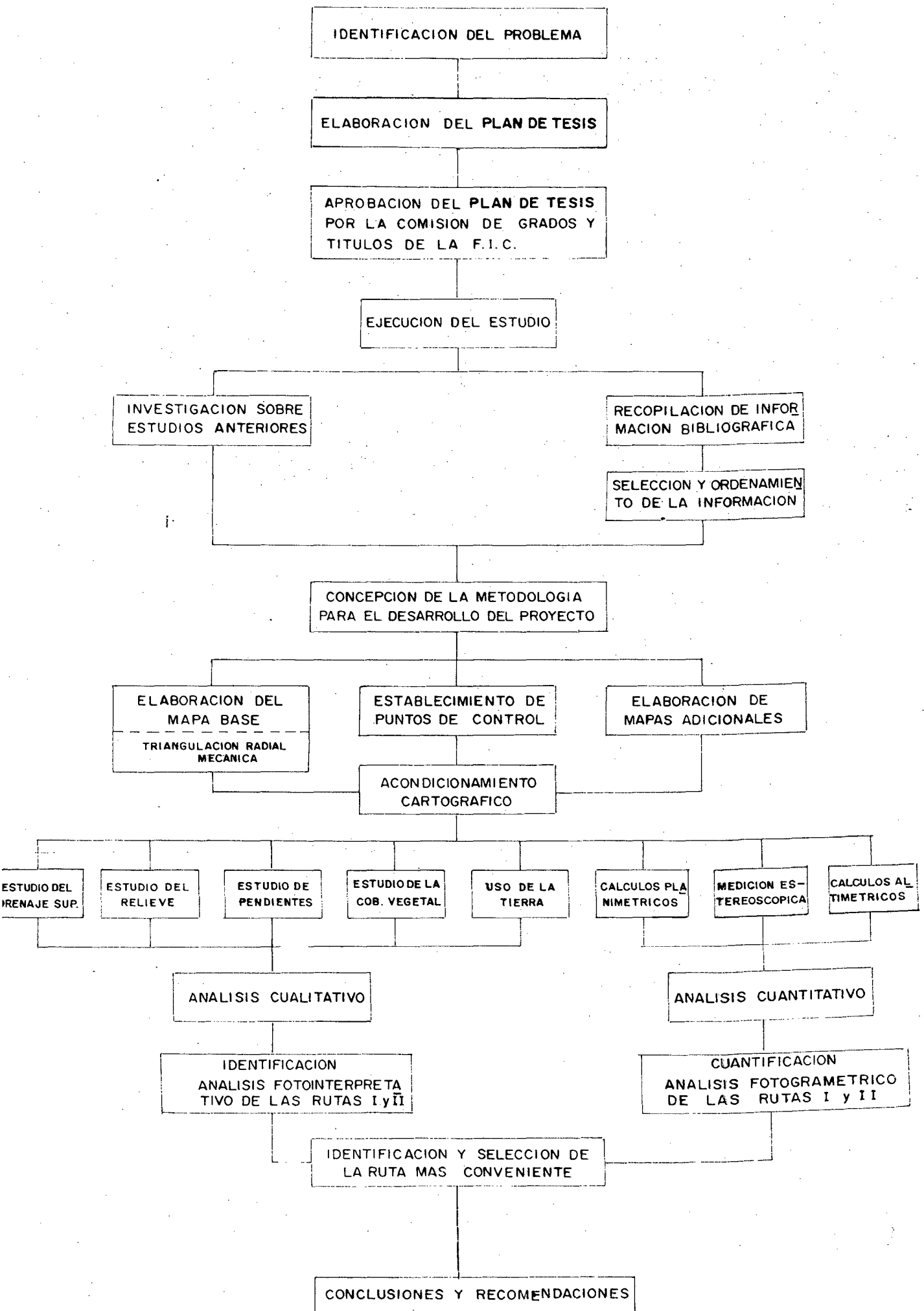
- Imágenes de Satélite LANDSAT (TM), compiladas en 1990 a la escala de 1:100,000, correspondiente a las hojas 1558 y 1658 DMA (13J y 13K respectivamente).
- Carta topográfica, hoja Nº 13K DMA, compilada en 1990 a la escala de 1:100,000.
- Mapa Físico Político Vial del Perú, a la escala de 1:2'200,000, publicado en 1988 por el Instituto Geográfico Nacional (IGN).

- Diagrama Vial del Departamento de San Martín-MTC, año 1988.
- Plano topográfico de la ciudad de Lamas, a escala de 1:25,000.
- Plano de rutas, a la escala de 1:25,000, carretera Yurimaguas-Tarapoto: variante Alianza-Lamas, elaborado por la Corporación Departamental de Desarrollo de Loreto en 1983.
- Planos de Planta y Perfil Longitudinal a nivel de construcción, a escalas 1:2,000-1:200, carretera Yurimaguas-Tarapoto, variante Alianza-Lamas: sector Alianza-San Miguel de Shanusi, elaborado por la CORDELOR en 1983.

c. Materiales de Dibujo

- Tablero de dibujo.
- Transparencias.
- Lápices de cera (color).
- Papel canson.
- Regla milimetrada (escalímetro).
- Alcohol etílico al 5%.
- Plumones para proyección permanente.

FLUJOGRAMA DEL ESTUDIO



3.2 METODOLOGIA

El presente estudio se basa en el uso de la fotografía aérea vertical complementada con imágenes de satélite LANDSAT (TM), que constituyen un registro permanente y detallado de los rasgos naturales y culturales de la superficie del área estudiada, características que han sido identificadas y evaluadas a través de la fotogrametría y de la fotointerpretación.

El sistema metodológico involucra la recopilación de información a tres niveles: desde el suelo, mediante los reconocimientos terrestres; desde el aire, mediante fotografías aéreas; y, desde el espacio, mediante el empleo de información suministrada por las imágenes Landsat.

El procedimiento mediante el cual he realizado el presente estudio ha seguido una secuencia concatenada como se podrá apreciar a continuación. Cada uno de los pasos seguidos tiene el sustento teórico en el capítulo anterior.

3.2.1 Orientación de las Fotografías Aéreas

Las fotografías aéreas con las que se ha trabajado, fueron orientadas en dirección de su lí-

nea de vuelo correspondiente, y siguiendo una secuencia que empieza con la fotografía de más alta numeración, facilitamos así la lectura inmediata de las características principales de las mismas. (ver Fig. II-16)

El número de fotografías utilizadas en la ejecución del presente estudio, ascienden a 60, a la escala de 1:20,000, con las cuales se consigue un recubrimiento total del área de estudio, correspondiendo a 13 líneas de vuelo adyacentes con traslapes: lateral de 20 a 30% y longitudinal de 50 a 60%.

3.2.2 Identificación de los Puntos Principales y sus Homólogos

El punto principal de cada fotografía se identificó intersectando las marcas fiduciales de cada una. El homólogo de cada punto principal, es decir la imagen del punto principal en la fotografía adyacente o consecutiva, se determinó usando el estereoscopio de espejos y un estereopar. Así el punto principal de una fotografía "A" tiene su homólogo en la fotografía "B" inmediata de la línea de vuelo.

3.2.3 Ubicación de las Líneas de Vuelo: determinación de Rumbos y Norte

Las líneas de vuelo se determinan por la unión de los puntos principales y sus homólogos con una línea recta de una serie de fotografías consecutivas.

Los rumbos de cada línea de vuelo así como el norte, se determinaron gráficamente en las fotografías y en la carta fotogramétrica de la zona de estudio (Mapa Base), para lo cual se utilizó la "triangulación radial mecánica" (Fig. II-20), que nos permite eliminar aproximadamente las deformaciones que se producen en el momento de toma de vistas, básicamente la deformación por desplazamiento debido al relieve (Fig. II-9a), para situar los objetivos en un sistema geográfico de referencia. Se establece en el juego de fotografías una escala promedio, mediante el uso de plantillas ranuradas de trazo radial, relacionando las fotos contacto con el control básico trazado en planos coordinados a una escala apropiada. Esta serie de líneas coordinadas del plano, son usadas posteriormente en el estudio de ubicación del eje.

3.2.4. Elaboración y Obtención de Cartografía

a. Construcción del Mapa Base

El Mapa Base, se elaboró a la escala de 1:20,000, extrayendo la información que nos proporciona el mosaico no controlado conformado por todas las fotografías del área de estudio, pero sí eligiendo puntos de control obtenidos a partir de las imágenes de satélite, de la carta topográfica DMA y de los planos topográficos existentes, a los cuales se les determinó su posición geográfica y alturas sobre el nivel del mar (cota).

La información proporcionada por los pares estereoscópicos se recogerá en transparencias, para luego descargarse en el gráfico respectivo (Mapa Base), preparado previamente utilizando la triangulación radial mecánica.

El Mapa Base contiene información topográfica, detalles fisiográficos, posición geográfica, servidumbres existentes, asentamientos humanos, ubicación de áreas de

cultivos, lagunas, ríos, límites, etc.
(ver Mapa Base-Anexo 3-Plano N01).

3.2.5 Desarrollo Específico del Método

El desarrollo específico del método empleado en el presente estudio consta de dos partes:

- Análisis Cualitativo (Fotointerpretación)
- Análisis Cuantitativo (Fotogrametría)

A. Análisis Cualitativo

El análisis cualitativo, tiene como objetivo estudiar fotointerpretativamente vía la estereo-visión, el comportamiento de los elementos siguientes: red de drenaje superficial, el relieve, cobertura vegetal, sectorización de pendientes; con la finalidad de poder identificar las diferentes rutas de interconexión, partiendo de la información que nos proporciona el examen estereoscópico de las fotografías aéreas.

El análisis cualitativo, se ha realizado procesando fotografías aéreas verticales

pancromáticas no restituidas de un vuelo SAN, a la escala de 1:20,000, y con los elementos cualitativos estudiados se han identificado dos rutas alternativas.

En la ejecución del presente estudio, la interpretación de las aerofotografías se realizó mediante la aplicación del "Método de Análisis de Elementos", desarrollado por Buringh, que nos permite el análisis sistemático de los elementos fotoidentificables relacionados con las condiciones y fines del estudio específico: relieve, condiciones de drenaje, pendientes, cobertura vegetal, uso de la tierra, etc.

1. La Red de Drenaje Superficial

En los fotogramas se realizó un delineamiento de la divisoria de aguas, representada específicamente por las estribaciones de la Cordillera Oriental de los Andes, que separa las aguas que van directamente al río Mayo de las que drena el río Shanusi; posteriormente se estudió con mayor énfasis el escurrimien-

to superficial en el área de estudio.

La finalidad del estudio de la red de drenaje estriba en que nos facilitó información sobre la densidad de drenaje y tipos de patrones locales de drenaje.

Además, con el delineamiento de la red de drenaje podemos determinar el nacimiento de un escurrimiento de orden inferior, podemos ubicar también gargantas, cuellos o abras en las depresiones, que originan los talwegs secundarios.

Para este fin se tuvo que preparar y orientar los modelos estereoscópicos y estudiarlos minuciosamente en tercera dimensión; esta información se recogió en transparencias para luego ser transferida al mapa base de la zona de estudio, elaborado a partir de la triangulación radial mecánica.

2. Estudio del Relieve

La delineación de la forma del relieve y pendiente permitió contar con un análisis detallado de la configuración superficial del terreno, identificando unidades de forma de relieve y pendientes. Así mismo nos permitió la determinación de controles de la topografía (puntos de paso y accidentes geográficos de importancia), que imponen limitaciones en la localización de las rutas.

En el estudio se analizará la forma de pendiente considerada como parte del relieve, de manera que se pueda determinar la influencia de la erosión sobre el paisaje y así poder inferir sobre la cohesión alta o baja del suelo.

Si las pendientes pertenecen a escarpados o a configuraciones montañosas estaremos frente a un suelo de alta cohesión, en pendientes suaves habrá baja cohesión.

Cabe anotar que este estudio es de mucha utilidad, pues permite inferir evidencias entre otras cosas, como la predicción de los efectos de las actividades humanas con respecto a la modificación del relieve derivada de la nueva carretera, prevención de desastres naturales y preservación del medio ambiente, en general.

3. Estudio de la Cobertura Vegetal

Este parámetro al ser estudiado en la fotointerpretación nos brinda información de zonas con vegetación, así como la caracterización de las masas boscosas naturales; por su distribución y extensión podemos identificar si la vegetación es boscosa, arbustiva, o herbácea (de tamaño grande, mediana o pequeña, respectivamente).

Con esta información podemos inferir conclusiones acerca de la erosión de los suelos y la capacidad de infiltración de los mismos, también definir zonas con vocación agropecuaria

para un posible desarrollo agrícola.

4. Uso de la Tierra

Para su estudio se tuvo en cuenta las formas que adoptan las áreas de cultivos vistas en el estereopar; si éstas se encuentran en la ruta o franja identificada entonces será necesario buscar otros segmentos de ruta a fin de hacer el menor daño posible en estas áreas.

5. Identificación de Rutas a partir del Análisis Interpretativo del estereopar.

Con toda la información registrada en el mapa base más la visión estereoscópica instantánea, se pueden identificar las diferentes rutas de interconexión vial, así también tendremos elementos técnicos confiables como para prever procesos geomorfológicos: huaycos, derrumbes, etc. que tienden a intensificarse, a medida que se incrementa la intervención del

hombre; así mismo, tendremos la información sobre la ubicación, contorno de las áreas de cultivos y bosques a fin de no fragmentarlas con la ruta.

Además, se tendrá en cuenta al identificar las posibles rutas, las siguientes consideraciones:

- En lo posible la ruta incorpore mayor extensión de tierra útil, dentro de los límites que implica una mayor longitud de recorrido y un adecuado alineamiento.
- Se desarrolle en terrenos estables con pendientes favorables.
- Las vertientes sean las más tendidas.
- Recoja la mayor cantidad de transporte.
- El menor número de obras de arte posibles.

- La menor eliminación de bosque, evitando atravesar los ambientes que posean el mejor potencial.

Cumpliendo con todo lo señalado anteriormente se gráfica en las fotografías aéreas las diferentes rutas identificadas.

Esto se hace con un lápiz de cera dibujando una línea llena sobre el conjunto de imágenes de cada par sucesivo de fotografías de manera que la ruta encaje con la imagen aparente del terreno en línea y perfil, obteniéndose un concepto tridimensional de las rutas. Por comparación mental conjunta de costos y ventajas, de las diversas rutas alternativas localizadas se elegirán por lo menos dos, que serán estudiadas posteriormente con mayor detalle en el análisis cuantitativo.

Las rutas identificadas serán cotejadas con la información cartográfica de la zona.

B. Análisis Cuantitativo

El análisis cuantitativo se inicia con la medición del estereograma. Las rutas identificadas mediante el análisis cualitativo requieren de parámetros cuantificados para la evaluación y elección de la ruta más conveniente.

El análisis cuantitativo haciendo uso de la fotogrametría, cuantifica fundamentalmente los parámetros longitud y altura con el rigor que el nivel de estudio lo requiere.

El análisis cuantitativo, se ha efectuado sobre las propias fotografías, utilizando los modelos estereoscópicos que cubren el área donde se encuentran las rutas identificadas mediante el análisis cualitativo.

1. Las Rutas Fotointerpretadas y el Análisis Fotogramétrico

En el análisis cualitativo se trazan las rutas con sinuosidades, en cambio

en el análisis cuantitativo se procuran alineamientos rectos para facilitar las medidas horizontales y verticales con fines de comparación.

A lo largo de las dos rutas fotointerpretadas se seleccionaron puntos de inflexión topográfica en las líneas de gradiente (eje preliminar de trazo) que serán estudiadas cuantitativamente en los modelos estereoscópicos, recogidas en transparencias y trasladadas al mapa base.

Haciendo uso del principio de marca flotante (Fig. II-17b) y de las bondades de la barra de paralaje (Fig. II-18) en conjunción con el estereoscopio de espejos, mediante la medición estereoscópica es posible calcular las diferencias de nivel del terreno en cada uno de los puntos determinantes de las líneas de gradiente y obtener el perfil longitudinal correspondiente, calculándose así las cotas respecto al nivel medio del mar, las pendientes de los diferentes tramos, etc.

Para evaluar y recomendar la ruta que reúne las mejores condiciones técnico-económicas, se prepararán cuadros de parámetros comparativos, con su respectiva ponderación según su importancia. La ruta con menor puntaje, aparecerá como la más conveniente fundamentándose ampliamente tal elección.

El trazo elegido será recogido en transparencias y transferido al mapa base de la zona de estudio, en el que están representados los cursos de aguas, talwegs, divisorias, poblaciones, caseríos y los accidentes de importancia, situados en un sistema geográfico de referencia. Como resultado se obtiene la Planta General del Proyecto.



CAPITULO IV

ASPECTOS ECONOMICOS DEL AREA DEL PROYECTO

4.1 AREA DE INFLUENCIA

El Area de Influencia Directa, está comprendida en el sector Bajo Mayo-Alto Shanusi y se encuentra delimitada por el Distrito de Lamas y el centro poblado de Alianza, que ocupa la parte central del valle formado por el río Shanusi, zona acorde con la localización de grandes recursos naturales susceptibles de explotación y de la generación de los mayores flujos potenciales, con posibilidades para el desarrollo integral del área.

Microregionalmente el sector Lamas-Alto Shanusi (área del proyecto), abarca los centros poblados siguientes:

SECTOR LAMAS

- . Lamas
- . Vista Alegre
- . Cochapata
- . Ntra. Sra. de la Selva
- . Pamashto
- . Urcopata
- . Huapo
- . Bellavista
- . Morillo
- . Mishquiyacu

SECTOR ALTO SHANUSI

- . San Miguel de Shanusi
- . Copal
- . Sargento Lores
- . Alfonso Ugarte
- . San Juan
- . Carachamayoc
- . Alianza
- . Charapillo
- . Pintoyacu
- . Pintoyaquillo

Estos dos sectores, que se encuentran separados o delimitados por la cadena montañosa de las estribaciones de la Cordillera Oriental de los Andes, divisoria de las aguas de los ríos Mayo y Shanusi, en el futuro tendrán que integrarse vía la construcción del proyecto carretero.

El Valle del Alto Shanusi como centroide donde se encuentra la generación de flujos forestales y agropecuarios, define áreas de influencia radiales muy delimitadas como se puede observar en el Plano Nº I (Anexo 3).

Como el tramo en estudio corresponde a una carretera de penetración Interdepartamental, el **Area de Influencia Indirecta** está definida por el Oeste con los Distritos Pinto Recodo, Shanao y Tabalosos (Prov. Lamas); hacia el

Este con la carretera de Tarapoto a Yurimaguas interconectando centros poblados del Caynarachi y Barranquita (Prov. Lamas), así como los del Bajo Shanusi en la Provincia de Alto Amazonas con su Capital Yurimaguas, puerto fluvial en el Departamento de Loreto; al Sur su interconexión con la Carretera Marginal de la Selva (Tarapoto-Moyobamba, Tarapoto-Juanjui) hacia las áreas denominadas Alto Mayo y Huallaga Central con proyección a los mercados andinos y de la Costa.

En el Gráfico Nº 5, se presenta el área de influencia directa e indirecta del proyecto, mostrando la planta y el perfil de alturas de la carretera Lima-Yurimaguas, vía carretera Lamas-Valle del Shanusi.

Además Presentamos:

- El fotomosaico del área de estudio, elaborado a partir de las fotografías aéreas utilizadas en el desarrollo del presente trabajo.
- El área de estudio, en imágenes de satélite LANDSAT (TM), hojas 1558 y 1658 DMA (13J y 13K respectivamente) usadas en el presente trabajo, que constituyen un registro detallado de la zona estudiada.

[illegible]

(*) : Fotografías usadas con fines de ilustración del mosaico fotográfico.

IMAGENES DE SATELITE LANDSAT (TM): Zona de estudio



— Hojas 1558 y 1658 DMA : 13J y 13K respectivamente.

Fuente : Instituto Geográfico Nacional (IGN).

4.2 ESTRUCTURA ECONOMICO-SOCIAL

Referencias de la Evaluación

Existen diversos estudios de gran importancia para el desarrollo de esta zona, referentes a la evaluación sistemática e integrada de los recursos naturales complementado con estudios agroeconómicos, realizado en diferentes épocas y por distintos organismos:

- En el año 1960, el Servicio Cooperativo Interamericano de Producción de Alimentos (SCIPA), realizó un estudio del potencial agropecuario para justificar la financiación de la red vial del Departamento de San Martín, preparado por el Programa de Conservación de Suelos y Desarrollo de Tierras.
- En el año 1977, la Oficina Zonal de Tarapoto del Instituto Nacional de Planificación elaboró la "Programación Micro Regional de Huallaga Central y Bajo Mayo", mediante la cual se obtuvo un préstamo de AID.
- Cabe resaltar los estudios realizados en el Departamento de San Martín por la Oficina Nacional de Evaluación de los Recursos Naturales (ONERN), en virtud del Convenio de Cooperación Técnica suscrito con la

Dirección Ejecutiva del Proyecto Especial Huallaga Central y Bajo Mayo:

- . En 1983, el "Estudio Detallado de Suelos" en los sectores: Lamas, Alto Sisa, Buenos Aires, Pajarillo y Pasarraya, que tuvo como objetivo evaluar las características del recurso suelo con el fin de definir políticas y estrategias de desarrollo agrario y proporcionar lineamientos para su uso racional con fines de parcelamiento, titulación, asentamiento rural y otros usos, dentro de márgenes socio-económicos y en relación armónica con el medio ambiente.
- . En 1984, el "Estudio de Evaluación de Recursos Naturales y Plan de Protección Ambiental", que abarcó un total de 47 distritos distribuidos en 4 provincias: Lamas, San Martín, Huallaga y Mariscal Cáceres. Los estudios correspondieron a los aspectos ecológicos y climáticos, geomorfológicos, de suelos, cobertura vegetal, hidrológicos, de uso actual de la tierra, así como un análisis de las actividades agroeconómicas.
- En 1985, el Concejo Provincial de Lamas realizó un estudio en el sector Lamas-Shanusi, con el objetivo de solicitar se considere en el Programa de Inversiones del Gobierno Central, el "Proyecto Especial

de Desarrollo Lamas-Valle del Shanusi", justificando las bondades que en el futuro esta zona puede ofrecer por su aporte al desarrollo económico del país, para lo cual se consideraron diferentes variables, tales como nivel de contribución al P.B.I., valor bruto de la producción, necesidades de la población, cercanías territoriales, extensión de tierras cultivables, etc., complementándose con los estudios realizados por la Corporación Departamental de Loreto, en esta zona.

Este estudio fue fundamentado por el Ing. Raúl Ríos Reátegui, en el FORUM "Desarrollo del Departamento de San Martín", realizado en Tarapoto en Julio de 1986.

Por otro lado, cabe añadir que la información que se tiene referente al ámbito del proyecto y su influencia microregional, producto de la recopilación y el análisis de estudios anteriores, fue compatibilizada y ajustada por los estudios de campo efectuados los meses de Agosto, Diciembre de 1992 y Enero de 1993.

Superficie

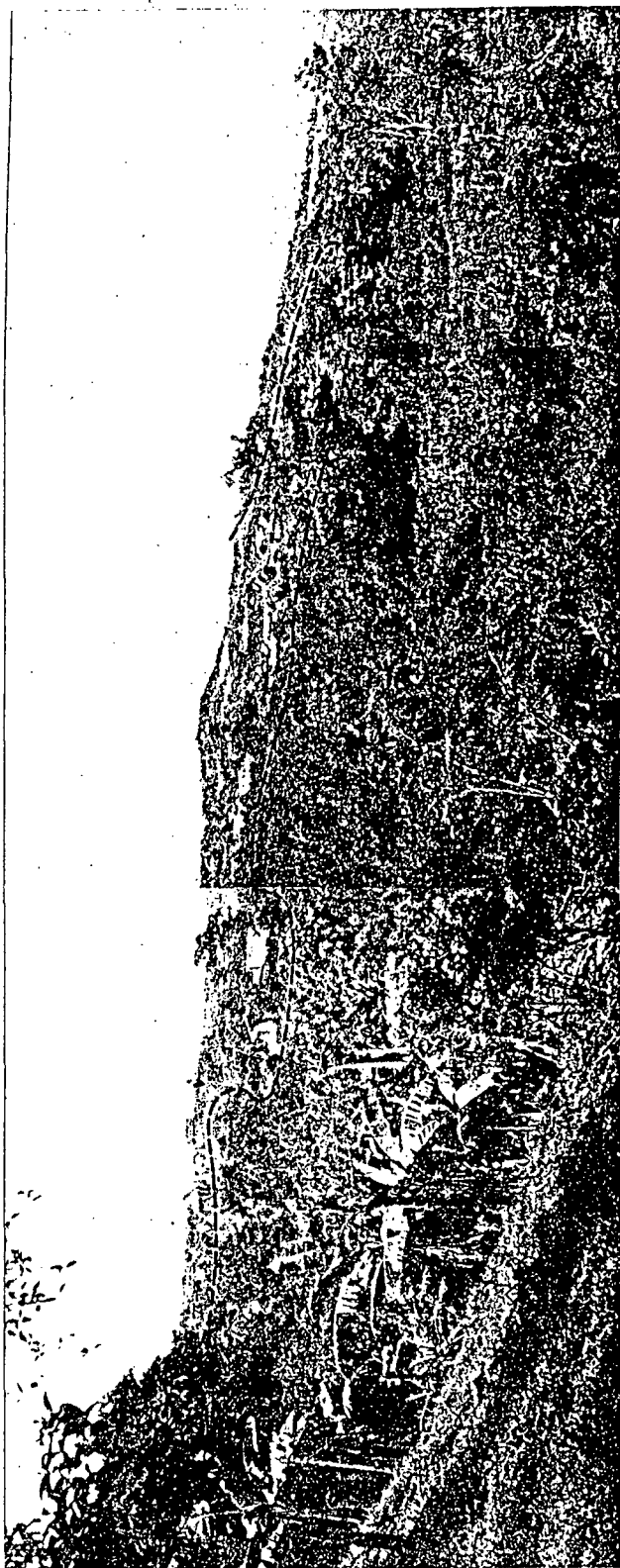
La superficie total del ámbito Lamas-Valle del Shanusi es aproximadamente de 300,000 hectáreas. El área efectiva estudiada cubre 45,000 hectáreas.

Antecedentes Histórico - Sociales

La penetración humana significativa en el área data de la época incaica, con los Pocras y Chancas, continuando luego durante la ocupación española.

Las antiguas crónicas señalan que algunos grupos andinos, perseguidos por los Incas, lograron cruzar la Cordillera de los Andes y descendieron sobre los contrafuertes orientales hasta alcanzar las planicies amazónicas. De esos grupos se cree que descendieron los "Lamistas" y otros pueblos que, comparativamente con las tribus selváticas que basaban sus costumbres principalmente en la vida nómada y en una alimentación proveniente de la caza y la pesca, éstos alcanzaron un estado cultural mucho más desarrollado practicando una agricultura migratoria estacional y de autoconsumo, y algunas habilidades artesanales como la alfarería y el tejido de algodón.

Posteriormente, los españoles, cuya penetración a la selva ocurrió inmediatamente después de la Conquista, siguiendo los mismos pasos que debieron utilizar los Incas, para su comunicación con la región oriental; establecieron núcleos sedentarios entregados a las ocupaciones agrícolas en lugares donde el paisaje ofrecía condiciones gratas para la vida así como un clima agradable y sano. La incipiente agricultura se veía complementada con la abundancia de frutas nativas, caza y pesca.



Vista de Lamas, ubicada en la cima de una colina alta. La ciudad está en proceso de expansión y cambiando el potencial de uso del medio físico.

La intervención más importante se inició en el presente siglo, intensificándose con la navegación fluvial, la construcción de aeropuertos y de las carreteras Marginal de la Selva y Tarapoto-Yurimaguas, hechos que dieron lugar a la construcción de otras carreteras y caminos de herradura.

La construcción de la carretera Marginal de la Selva a partir de 1965 y su culminación a mediados de la década del setenta, propició una migración sumamente violenta a esta zona proveniente de la Costa Norte y Sierra del país, donde la escasez de áreas agrícolas obligaba a sus pobladores a la búsqueda de tierras en la región de Selva Alta, estando el Departamento de San Martín más próximo, y además ofreciendo excelentes posibilidades en sus recursos. Resultado de todas estas actividades, es que se ha podido tener acceso a la mayoría de valles y quebradas existentes en el área, lográndose un importante incremento en la producción y productividad, pasando así a una economía de mercado.

Sin embargo, una consecuencia negativa ha sido la deforestación intensa, tanto de áreas planas como de relieves altos y empinados, que se ha producido con el objeto de desarrollar la explotación forestal y la actividad agropecuaria, que han dado lugar a cambios profundos a veces irreversibles en el medio natural, tales como modifica-

ciones climáticas, hídricas, morfodinámicas y otras relacionadas con el medio natural.

La falta de conocimiento del medio, el uso de técnicas foráneas y el desconocimiento de técnicas adecuadas para el uso y explotación de los recursos, por parte de los inmigrantes al área, también son causas fundamentales de la degradación del medio natural que deben ser consideradas primordialmente para el desarrollo integral del área.

4.2.1 Características Generales de la Zona - Recursos Naturales

a) Climatología y Ecología

El área estudiada muestra una conformación compleja de microcuencas constituidas por planicies, lomadas y colinas con laderas que se elevan gradualmente formando la cadena montañosa de las estribaciones de la Cordillera Oriental cuyos flancos han dado origen a la Cordillera Escalera, formando una barrera bioclimática entre la Selva Alta y las zonas con características de Selva Baja.

La irregular fisiografía (condiciones de niveles topográficos) y orientaciones de los relieves altos, en conjunción con la dirección de los vientos y la exposición solar, producen una variabilidad climática tropical en el área, que presenta las siguientes características:

Clima Seco a Semiseco y Cálido (tipo climático cálido y semiárido); en los sectores bajo de planicies y lomadas, principalmente del sector medio del valle formado por el río Shanusi y sus tributarios, desarrollándose hasta una altitud de 650 m.s.n.m. aproximadamente. Las lluvias promedian de 950 a 1,000 mm. anuales y se concentran en los meses veraniegos (Abril-Agosto); mientras que la temperatura promedio se mantiene sobre los 25° C a lo largo de todo el año con leves descensos en Junio y Julio.

Clima Ligero a moderadamente húmedo y semicálido (tipo climático templado); en los sectores de laderas, colinas altas y estribaciones montañosas, con precipitaciones que sobrepasan los 1,500 mm. anuales.

les y temperaturas promedio anual menores de 23° centígrados, desarrollándose en altitudes que oscilan entre 650 y 1,000 m.s.n.m aproximadamente. Es el caso del sector Lamas.

Luego, a medida que se asciende hacia las montañas (donde no se tiene información meteorológica), las precipitaciones van incrementándose mientras que las temperaturas disminuyen, hasta llegar a los niveles altitudinales / más elevados, (1550 m.s.n.m. aproximadamente) donde el clima se presenta húmedo a muy húmedo y semifrío (tipo climático muy húmedo). El promedio de la precipitación pluvial total anual de este tipo climático, varía entre 1,800 y 2,500 mm. y la temperatura promedio fluctúa entre 15°C y 17°C aproximadamente.

Ecológicamente, y de acuerdo al Sistema de Clasificación de Zonas de Vida del Mundo de L.R. Holdridge, se tiene las siguientes unidades bioclimáticas o formaciones ecológicas, las cuales difieren entre sí fundamentalmente por los distintos rangos de precipitación y temperatura, que reflejan

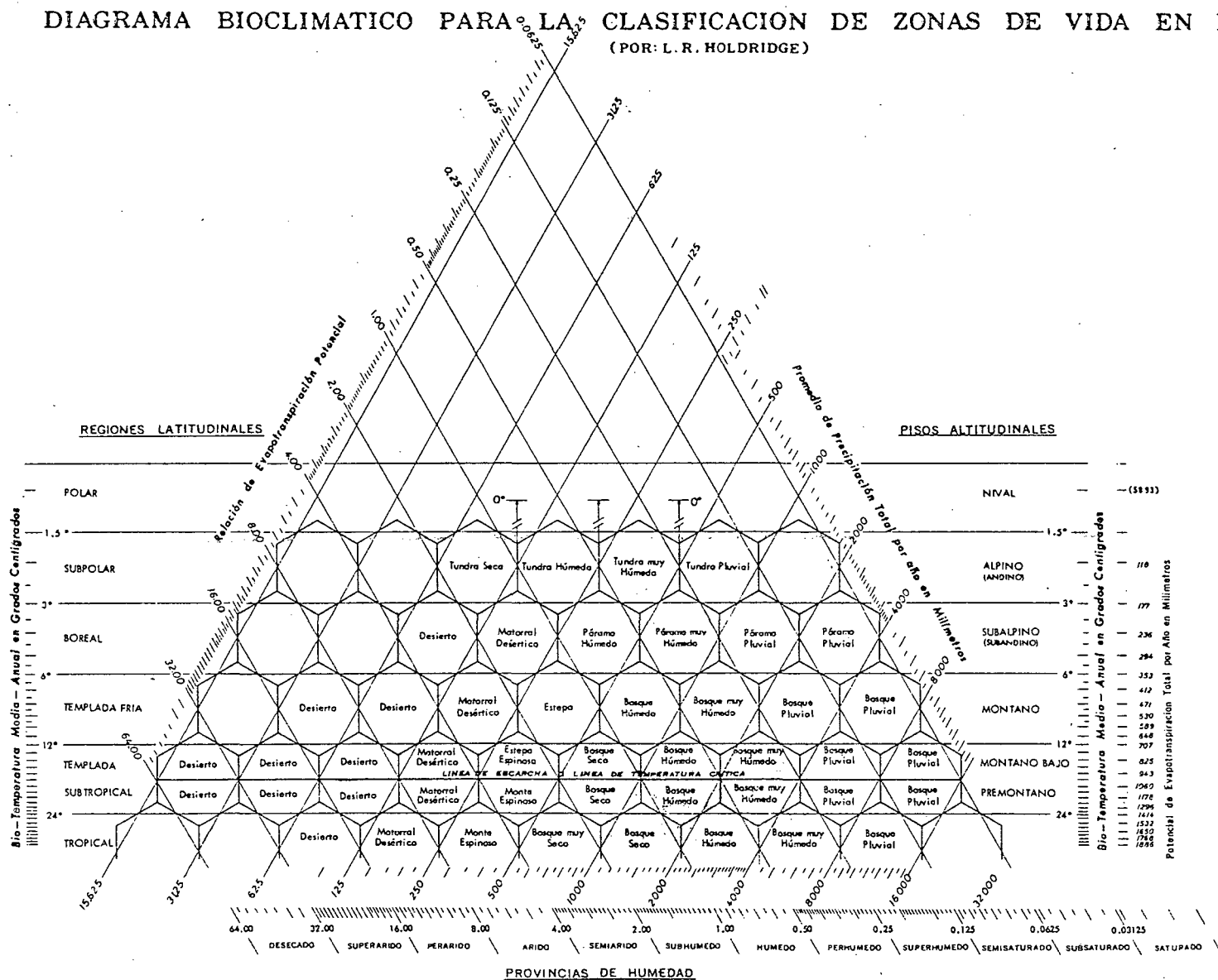
la influencia de los factores edáficos, además del clima:

Bosque seco-Premontano Tropical Transicional al bosque seco-Tropical (bs-PT/bs-T); representa esta zona de vida a un ecosistema de caracteres intermedios que gradúa hacia el bosque seco-Tropical, desarrollándose hasta una altitud de 200 m.s.n.m. aproximadamente. Se caracteriza por su topografía plana y periódicamente inundable, presentando muchos meandros abandonados y zonas pantanosas. De acuerdo al sistema de clasificación Thornthwaite, le corresponde un clima seco y cálido. Se ubica en el extremo oriental del área, en la planicie San Miguel de Shanusi-Alianza.

Bosque seco Tropical (bs-T); se distribuye ocupando la mayor proporción del área de estudio, y se describe en la asociación o ecosistema de colinas bajas y lomadas, así como las planicies aledañas al río Shanusi y algunos de sus tributarios. Le corresponde un clima semiseco y cálido y se ubica en los pisos que oscilan entre 200 y 650 m.s.n.m.

DIAGRAMA BIOCLIMATICO PARA LA CLASIFICACION DE ZONAS DE VIDA EN EL MUNDO

(POR: L. R. HOLDRIDGE)



Bosque húmedo-Premontano Tropical (bh-PT); se distribuye ocupando colinas altas, así como depresiones y laderas a continuación del bosque seco tropical, principalmente alrededor de la localidad de Lamas. Se ubica en los pisos que se encuentran entre los 650 - 1,000 m.s.n.m.

Bosque muy húmedo-Premontano Tropical (bmh-PT); se distribuye ocupando el ecosistema montañoso, principalmente las cumbres altas del divortium Mayo-Shanusi, localizado en la cadena montañosa de las estribaciones de la Cordillera Oriental de los Andes. Esta formación ecológica se ubica en los pisos que se encuentran entre los 1,000 - 1,550 m.s.n.m.

b) Recurso Edáfico

El escenario edáfico del sector Lamas-Shanusi, está conformado por un gran paisaje de llanura aluvial, así como por el paisaje colinoso y montañoso. La litología principal está formada por limolitas, lutitas ácidas y lutitas calcáreas, así como arenas. Se presentan importantes diferen-

cias en cuanto a suelos, hecho relacionado con la diversidad geológica existente en el área.

El sector Lamas tiene un paisaje colinoso con pendientes variables, en algunos casos fuertemente inclinadas con escaso terreno aluvial, a diferencia del sector Shanusi que está considerado totalmente cubierto por terreno aluvial.

En el sector Lamas, los suelos se han derivado de areniscas y arcillitas ácidas. Son profundos a superficiales, mayormente de color rojo amarillento, de textura media a moderadamente fina (generalmente variables), reacción muy fuertemente ácida. La fertilidad natural es media a baja; su aptitud de uso es para cultivos permanentes y pastos principalmente, así como para producción forestal y de protección, siempre que sean manejados en forma técnica para no causar deterioro en la capacidad productiva del suelo ni alterar el régimen hidrológico de la cuenca.

En el sector Lamas, en la actualidad se están utilizando las tierras con fuertes pendientes para la explotación agrícola en forma indiscriminada ocasionando un proceso acelerado y continuo de pérdida de suelo por la erosión y causando deterioro de la capacidad productiva de este recurso y del ecosistema, en general.

Es importante destacar que de acuerdo a estudios realizados por el Ministerio de Agricultura, la Micro Región del Shanusi es más rica en recursos naturales potenciales, pues presenta condiciones óptimas de desarrollo inmediato a un menor costo de inversión, abarcando aproximadamente 200,000 has. de tierras aptas para la explotación agropecuaria. Los suelos son profundos a superficiales, mayormente de color pardo a pardo rojizo, de textura fina, reacción neutra a ligeramente alcalina, con carbonatos libres en la masa del suelo. Son de fertilidad media a alta; la aptitud de uso es para cultivos en limpio.

Estas tierras por su alta calidad agroló-

gica pueden dedicarse a otros fines (cultivo permanente, pastos, producción y protección), cuando en esta forma se obtenga un rendimiento económico superior.

c) Recurso Hidrográfico

Los principales ríos que recorren el ámbito del proyecto son: Shanusi, Pintoyacu, Izula, y las quebradas Juanjuicillo y Chumbaquihui.

d) Recurso Forestal

La vegetación natural es propia de ecosistemas tropicales; es decir, se caracteriza por la presencia de una masa boscosa de composición muy heterogénea, que constituye valiosa fuente de aprovechamiento de productos forestales, que son de vital importancia para el mantenimiento del equilibrio dinámico del medio.

En la actualidad los bosques primarios se encuentran localizados en los terrenos más agrestes y con mayores dificultades de acceso. En la parte de los valles, las tie-

rras son dedicadas casi exclusivamente a actividades agropecuarias habiéndose sustituido casi completamente en algunos sectores la vegetación natural boscosa primaria por cultivos agrícolas, pastizales y grandes extensiones cubiertas de bosques secundarios, que se vienen desarrollando sobre las tierras abandonadas por la actividad agropecuaria migratoria.

La condición maderera de los bosques húmedos presenta mayores contenidos de madera así como de especies de mejor calidad en contraste con los bosques secos.

De otro lado, por la ubicación natural de ambos tipos de bosque se tiene que los bosques húmedos ocupan las partes más altas y los bosques secos se localizan en las partes basales del área. Esto ha condicionado en forma diferente la permanencia de los mismos, al punto que hoy los segundos se encuentran más expuestos a la acción de desbroce total, que amenaza desaparecerlos en un tiempo relativamente corto.

Así mismo, la tala y desmonte a lo largo de los cauces fluviales provoca un proceso de debilitamiento, que propicia la aceleración de la dinámica erosiva principalmente en aquellas áreas que soportan el embate de las corrientes de agua.

Permitir la regeneración natural o la agroforestación de las áreas deforestadas allí ubicadas mediante la implantación de barreras vivas, conformadas por plantas de follaje denso y raíces profundas tales como el Yacu Shimbillo o Busilla que se aprecia en las riberas del río Shanusi, o dejar una faja de árboles en las áreas que aún conservan su vegetación original, serían las medidas para evitar y/o retardar la actividad erosiva y la acumulación de materiales orgánicos en los lechos de los ríos, porque contribuyen a colmatarlos, favoreciendo las inundaciones.

El área de estudio presenta una variabilidad grande en su potencial forestal, existiendo excelentes "manchales", de especies tales como: cedro, ishpingo, caoba, bola-

quiro, topa, manchinga, quinilla, mullaca, palo blanco, pamashto, etc., al mismo tiempo que extensiones boscosas donde se presentan individuos deformes y escasos, de especies sin valor comercial.

e) Recurso Minero-Energético

Se tiene principalmente en el Distrito de Lamas, recursos minerales no metálicos especialmente la arcilla y la greda, para la producción ladrillera.

En el aspecto energético, podemos mencionar que el sector Alto Shanusi cuenta con un potencial hidroenergético por explorar y explotar. Se podría aprovechar el pronunciado declive del río Izula afluente por la margen derecha del río Shanusi, para la construcción de una central hidroeléctrica que dotaría de energía a la población del ámbito del proyecto.

f) Recursos Pesqueros

El mayor potencial en esta zona es el río Shanusi y sus tributarios en menor escala,

siendo los peces más abundantes: boquichico, liza, doncella, carachama, etc.

g) Escenarios Naturales con Atractivos Turísticos

La práctica inadecuada de actividades productivas y extractivas propicia una perturbación en el ecosistema de la zona alterando el medio ambiente y generando situaciones no compatibles con los principios de desarrollo.

La intensa actividad depredadora en el sector Lamas-Shanusi, obliga a proteger y manejar racionalmente los recursos naturales, con el objeto de lograr un desarrollo armónico.

El establecimiento de unidades de conservación, es un sistema apropiado para el manejo racional de estos recursos, los cuales pueden ser aprovechados con fines de investigación científica y/o para la recreación, educación, cultura y turismo.

La vasta extensión de la zona es propicia

para la existencia de habitats adecuados para la abundante fauna y flora que son propios de este ecosistema y para contar con una gran diversidad de las especies de vida silvestre; sin embargo, el número y variedad está disminuyendo considerablemente debido a la pérdida del habitat por la caza y pesca indiscriminadas y por el incremento de la agricultura migratoria, estando en peligro de extinción varias especies animales.

La intensificación de la caza y pesca, especialmente, en los alrededores de los centros poblados es muy intensa, observándose que la fauna silvestre se retira cada vez más hacia lugares alejados.

Estas especies y el medio ambiente que lo sustenta, están bajo creciente amenaza y se hace necesario contemplar medidas de conservación.

A nivel regional, Lamas está considerada como la Capital Folklórica del Departamento de San Martín, por conservar el acervo cultural puesto de manifiesto por los nativos y mestizos.

En la parte baja de la Ciudad de Lamas, se encuentra asentada la Comunidad Indígena del Huayco descendientes de los Pocras y Chancas, constituyendo el gran atractivo turístico de esta zona; igualmente, es necesario considerar los lugares en donde están asentadas las comunidades de Pamash-to, Urcopata, Morillo, Vista Alegre, para darles un tratamiento como centros culturales importantes por el manejo que han realizado del paisaje natural.

En la zona de estudio existe el bosque de libre disponibilidad Bajo Mayo-Alto Shanusi, con una superficie aproximada de 245,000 Has., ubicado en el Distrito Forestal de Tarapoto. No existen unidades de conservación que preserven el estado original de los bosques, con fines de investigación, recreación, turismo y cultura.

La zona posee bellos escenarios naturales, con atractivos para la recreación y el turismo que hasta la fecha no han sido explotadas, principalmente por la falta de adecuadas vías de comunicación que permitan un fácil acceso desde los distintos

puntos del país, así como por la falta de una adecuada infraestructura de servicios en apoyo del turismo. Destacan las Cataratas siguientes:

CUADRO Nº IV-1

CATARATAS SECTOR LAMAS-ALTO SHANUSI

NOMBRE	RIO/QUEBRADA	SECTOR
Chapawanki	Qbda. Juanjuicillo	Lamas
Sinaí	Qbda. Renacayacu	Lamas
Izula	Río Izula	Alto Shanusi
La Sombra	Río Shanusi	Alto Shanusi
Shanusi	Río Shanusi	Alto Shanusi

* Ver plano Nº I (Anexo 3)

Sin embargo, es conveniente tomar las medidas pertinentes para preservar estas áreas que, además de las bellezas naturales que encierran, ofrecen un incalculable valor para el establecimiento de zonas de recreación de servicio público.

4.2.2 Características de la Actividad Económica

a) Sector Agropecuario

El ámbito del proyecto presenta una estructura económica en la que predomina la actividad agropecuaria.

La agricultura predominante es la extensiva, caracterizada por el empleo de métodos y técnicas con resultados deficientes, esto es, poca producción y baja productividad.

Una característica de la agricultura lamista, es su orientación al policultivo de productos tales como: maíz, algodón, yuca, café, fundamentalmente orientados para la exportación a otros centros de consumo.

Se tiene el problema no disponer de datos actualizados, contando solamente del año 1985 obtenidos de la Oficina de Estadística del Ministerio de Agricultura y en forma global de los Distritos de Lamas y Pongo de Caynarachi, en los cuales está comprendida la zona de estudio.

Para ilustrar mejor la riqueza del ámbito del proyecto, presentamos el siguiente cuadro:

CUADRO Nº IV-2

DISTRIBUCION DE LAS TIERRAS POR SU ACTIVIDAD

(Lamas-Pongo de Caynarachi)

AGRI- CULTURA	AGUA- JALES	R/FORES- TALES EXPLOTA- BLES	BOSQUES DE PROTEC- CION.	PASTOS/ CULTIVOS PERMANEN- TES.	TOTAL Has.
105,375	42,875	243,375	136,125	442,875	570,625

Fuente: Ministerio de Agricultura.

Como podemos observar en el cuadro precedente, la integración de estos dos sectores incorporaría más de 300,000 has. de tierras aptas para la explotación agropecuaria, de las cuales aproximadamente 200,000 has. provienen de la Micro Región del Shanusi, más rica en recursos naturales actuales y potenciales.

Entre los principales cultivos de esta zona, se mencionan los siguientes:

Cultivos de Panllevar.- Maíz, arroz, yuca, frijol y otros en menor escala.

Cultivos Permanentes.- Frutales: plátano, piña, cítricos (limón, naranja, mandarina), papaya, paltos, maní y otros.

Cultivos Industriales.- Los más representativos son el café y el algodón, cacao en menor escala.

Si bien es cierto que la zona se presenta propicia para el desarrollo de estos cultivos; sin embargo, la falta de vías de transporte terrestre gravita enormemente en el proceso de la comercialización, no permitiendo la ampliación de áreas de cultivo, como se puede apreciar en el siguiente cuadro:

CUADRO Nº IV-3

ESTIMADO DE LA SUPERFICIE DE CULTIVOS PREDOMINANTES
(AÑO 1985)

CULTIVOS	LAMAS	PONGO DE CAYNARACHI	TOTAL(Has.)
Café	700	-----	700
Algodón	250	-----	250
Plátano	150	50	200
Maíz	90	70	160
Frijol	80	15	95
Arroz	20	50	70
Cítricos	25	6	31
Yuca	15	20	35
Maní	8	-----	8
TOTAL	1338	211	1549

Fuente: Ministerio de Agricultura.

El cuadro anterior nos muestra que el área cultivada sólo abarca el 3% aproximadamente del área total aprovechable, siendo la mayor extensión cubierta por vegetación boscosa y bosques de protección.

En relación a la actividad ganadera, se puede mencionar que el Distrito de Lamas es zona propicia para la crianza de ganados lecheros por contar con un clima ideal para su desarrollo óptimo.

Entre los ganados mayores, la crianza del ganado vacuno es el más significativo.

Entre los animales menores destacan las aves de corral producidas en granjas avícolas, para el consumo local y la exportación a otros centros de consumo. La producción lechera es mínima y está destinada al consumo local.

Siendo la crianza del ganado vacuno una de las actividades más importantes paralelamente con la crianza de aves de corral, en la actualidad se viene ampliando y mejorando la calidad de las pasturas con diferentes variedades, debido a que muchas "chacras" de productos transitorios son transformadas en pastizales luego de la cosecha.

Si se llegara a orientar la producción en el sentido de que todas las colinas existentes sean sembradas de pastos y cítricos siguiendo técnicas adecuadas en armonía con la naturaleza, estaríamos dando gran pase para el desarrollo agroindustrial de esta zona.

CUADRO Nº IV-4

PRODUCCION DE GANADO VACUNO
(AÑO 1985)

DISTRITOS	Nº DE CABEZAS
Lamas	2500
Pongo de Caynarachi	5200
TOTAL	7700

Fuente: Ministerio de Agricultura.

CUADRO Nº IV-5

PASTOS CULTIVADOS

TIPO DE PASTOS	LAMAS	PONGO DE CAYNARACHI	TOTAL (Has.)
-Toro Urco	500	2000	2500
-Elefante	150	50	200
-Gramma Castilla	450	500	950
-Brachiaria	300	---	300
-Cuna del Niño	---	200	200

Fuente: Ministerio de Agricultura.

Es importante el desarrollo de proyectos de asentamientos agroganaderos hasta alcanzar las metas previstas para que la Región pueda obtener los beneficios de una ganadería y agricultura intensivas cuyos frutos sirvan para aliviar el déficit ali-

menticio de la población y propiciar el desarrollo de industrias derivadas de estas actividades.

b) Sector Industrial

Actualmente el desarrollo industrial de esta zona es incipiente, existiendo solamente en la zona de Lamas, la producción de artículos a nivel artesanal, principalmente en la elaboración de aguardiente de caña, contando además con talleres de carpintería (08), fábricas de ladrillo y tejas (05), así como fábricas de escobas.

c) Sector Minería

Este sector se encuentra en un nivel muy bajo, por carecer del incentivo necesario para su desarrollo; asimismo, carece de infraestructura necesaria para la explotación de la arcilla y la greda, utilizadas en la industria ladrillera.

4.2.3 Población e Infraestructura de Servicios

a) Población Total

La población total del Distrito de Lamas, según la proyección de 1985 es de 12,516 habitantes. En el caso del Valle del Alto Shanusi, el proyecto carretero beneficiaría en un 86% a la población del Distrito de Pongo de Caynarachi.

Según datos obtenidos del trabajo de campo, actualmente en el Valle del Shanusi se tendría una población aproximada de 3900 habitantes, de los cuales 1500 en el centro poblado de Alianza, 500 en el caserío Alfonso Ugarte, 400 en San Juan, el resto en los demás centros de este sector.

Se tiene el caso, que desde hace algunos años se viene incrementando la población producto de la migración a esta zona, de campesinos procedentes de la Costa Norte y Sierra del país que se asentaron en este lugar, al encontrar extensas tierras aptas para la explotación agropecuaria.

CUADRO Nº IV-6

POBLACION DE ACUERDO A LOS CENSOS
DE 1972 A 1981 Y PROYECCION A 1985

POBLACION A NIVEL PROVINCIAL	CENSO 1972	CENSO 1981	PROYECCION 1985
Urbana	27,856	29,171	32,578
Rural	30,504	35,215	39,328
TOTAL	58,360	64,386	71,906

Fuente: C.P. Lamas

POBLACION A NIVEL DISTRITAL	CENSO 1981	PROYECCION 1985	RESPECTO A LA PROVINCIA (%)
Lamas	11,206	12,516	17.4
P. Caynarachi	3,024	3,337	4.7

Fuente: C.P. Lamas

Cabe anotar, que en el Distrito de Pongo de Caynarachi, la población es mayor que la proyección de 1985 por la llegada de colonos de diferentes lugares del país.

Este flujo migratorio ha significado la introducción de nuevas tecnologías y elementos culturales para la producción agropecuaria. Sin embargo, merced a esta corriente acelerada de pobladores, se vie-

ne produciendo serios desequilibrios en el ecosistema productivo y en el requerimiento de los servicios sociales más indispensables, verificándose índices de descensos tanto en la producción como en la productividad agropecuaria.

El noveno Censo Nacional de Población y cuarto de Vivienda, realizado por el INEI en Julio de 1993, nos proporcionará cifras más actualizadas.

b) Población Económicamente Activa (PEA)

La población de la Provincia de Lamas, casi tiene igualdad porcentual de hombres (50.9%) y mujeres (49.1%). Referente a la PEA de un total de 18,302 habitantes, el área urbana representa un 45.6% y el área rural el 54.4%, en mayor porcentaje dedicados a la actividad agropecuaria.

El siguiente cuadro muestra los recursos humanos respecto a la Provincia de Lamas y los Distritos de Lamas y Pongo de Caynara-chi.

CUADRO Nº IV-7

RECURSOS HUMANOS

PROVINCIAL	P O B L A C I O N					POBLACION
(Urb.-Rural)	H. M. de 15 años a más					TOTAL
DISTRITAL	HOMBRES	MUJERES	ANALF.	P.E.A.	OCUPADA	
<hr/>						
PROV. DE LAMAS	32,776	31,610	9,083	18,302	17,940	64,386
Area Urbana	14,695	14,476	3,063	8,337	8,104	29,171
Area Rural	18,081	17,134	6,020	9,965	9,836	35,215
<hr/>						
DISTRITOS						
Lamas	5,596	5,610	1,527	3,706	3,587	11,206
P. Caynarachi	2,620	2,404	555	1,299	1,271	5,024

Fuente: C.P. Lamas

EMPLEO: En la actualidad los niveles de empleo son muy bajos, se necesita dictar medidas que permitan el incremento de la oferta de la mano de obra a través del sector agropecuario, transformando la materia prima en productos industriales.

SUBEMPLEO: Esta modalidad se da tanto en la ciudad como en el campo, principalmente en éste último en el cual los agricultores que no poseen tierras, trabajan como peones en las épocas de siembra y cosecha que no es todo el año.

DESEMPLEO: Este es un problema a nivel nacional, sin embargo en esta zona no se da este caso debido a que la población trabaja más en el campo que en otra actividad.

Los pobres rurales al diversificar sus fuentes de ingreso, son menos perjudicados que los pobres urbanos.

c) Transportes

La principal vía es la Carretera Marginal que pasa a 11 km. de la Ciudad de Lamas. De las trochas carrozables que unen a Lamas de algunos centros poblados tenemos: Lamas-Pamashto (11km.); Juanjuicillo-Vista Alegre (4.5. km.); Lamas-Shanao (13 km.), que en el futuro esta carretera llegaría a ser la entrada de vehículos procedentes de la costa y sierra con destino al Departamento de Loreto vía carretera Lamas-Valle del Shanusi, y la salida de combustible de Yurimaguas a otros lugares del país.

Por el sector del valle del Shanusi pasa

la Carretera Tarapoto-Yurimaguas que conecta con la Provincia de Alto Amazonas en el Departamento de Loreto, con una extensión de 134 km. En épocas de lluvia, los colonos hacen uso del bote impulsado por motor estacionario de baja revolución, acoplado de un eje con hélice pequeño, la que es sumergida al agua, denominándole a este medio de transporte en forma popular el "peque-peque", dado al sonido que emite el motor. Este tipo de medio es comúnmente usado para salir por el río Shanusi hacia los puertos de San Juan y Alianza.

En cuanto al transporte aéreo se tiene que a media hora de Lamas, en un recorrido de 24 km, se encuentra el aeropuerto de Tarapoto, que por su movimiento de carga ocupa el primer lugar entre los aeropuertos nacionales y tiene conexión con Lima, Iquitos, así como también con Chiclayo, Pucallpa, Trujillo y al interior del Departamento.

Finalmente, el camino de herradura es la vía más común de comunicación interna y zonas aledañas.

d) Comunicaciones

El Distrito de Lamas, cuenta en la actualidad con servicios de correos y telefónico interconectado con el sistema U.F.A. vía satélite. En el sector del Shanusi no se cuenta con ningún servicio de esta naturaleza.

En cuanto a la televisión, se capta en Lamas como en el Valle del Shanusi las señales de los canales de Tarapoto y Lima. Lamas cuenta con una emisora local "Radio Lamas", que funciona dos horas diarias.

e) Comercio

En el ámbito del proyecto existen dos centros comerciales de gran importancia: Lamas y Alianza, a los cuales acuden a realizar sus transacciones comerciales algunos distritos y centros poblados aledaños.

A la Ciudad de Lamas, concurren los centros poblados de Pamashto, Bellavista, Alto Shambuyaco, Bajo Shambuyaco, Pampa-

monte, Vista Alegre, La Libertad, Cochapata, Urcopata, etc., para la adquisición de ropa (30%), artefactos (50%) y alimentos básicos (100%).

A la localidad de Alianza, acuden los centros poblados de Pintoyacu, Pintoyacillo, San Juan, San Miguel, Alfonso Ugarte, Jorge Chávez y otros más. Cabe destacar que geográficamente estos centros convertidos en focos importantes de atracción tienen intercomunicación directa con Yurimaguas, que potencialmente les abre las posibilidades de un mayor intercambio comercial.

f) Energía

Actualmente sólo la Ciudad de Lamas cuenta con servicios eléctricos. En el caso de la localidad de Alianza, a pesar de ser un centro de bastante producción no cuenta con los servicios elementales.

Es importante resaltar que como recursos hidroenergéticos en la zona del Shanusi existen ríos de pronunciado declive que

muy bien podrían ser aprovechados para la generación de energía y dar servicio a muchos centros poblados, incluso al sector de la Provincia de Alto Amazonas con su Capital Yurimaguas.

g) Educación

A nivel de los distritos de Lamas y Pongo de Caynarachi, se puede indicar que casi todos sus centros poblados cuentan con escuelas a nivel primario, como es el caso de Alianza. Sin embargo, algunos carecen de infraestructura adecuada y su respectiva implementación con mobiliario.

En el siguiente cuadro se muestra el mínimo de centros educativos por distritos:

CUADRO Nº IV-8

CENTROS EDUCATIVOS

INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA	DISTRITO LAMAS	DISTRITO P. CAYNARACHI
Inicial	5	4
Primaria	18	26
Secundaria	1	1

Fuente: U.S.E. Lamas

h) Salud

Lamas cuenta con un hospital que en la actualidad presta servicios restringidos a los usuarios. Se empezó a construir hace algunos años con capacidad para 52 camas, pero esta obra hasta la fecha no se encuentra concluída, siendo una continúa preocupación de todos los pobladores.

La localidad de Alianza cuenta con una posta sanitaria dependiente de la zonal de Tarapoto, que de alguna manera trata de cumplir sus funciones como tal, requiriendo una adecuada implementación para su mejor funcionamiento; además, mediante promotores de salud muchas veces mal equipados, se atiende las necesidades de la zona.

i) Vivienda

La mayoría de las construcciones urbanas son de paredes de tapial, techo de tejas o calaminas y en el ámbito rural, techo de palma, producto de los materiales nativos que ofrece el medio ambiente. Sin embargo,

en la actualidad se nota la construcción de viviendas con materiales nobles y características modernas.

Sobre la infraestructura de agua potable, solamente Lamas cuenta con este elemental servicio. El centro poblado de Alianza pese a ser límite departamental y núcleo que concentra a todos los pueblos de la vasta zona del Shanusi, no cuenta con los servicios básicos elementales (agua potable, luz, desagüe), utilizando las aguas de los ríos para su abastecimiento, lo cual contribuye en gran medida a los altos índices de parasitismo intestinal que caracteriza a la población de este sector, especialmente infantil.



CAPITULO V

INGENIERIA DEL PROYECTO

5.1 EVALUACION DE LA INFORMACION DISPONIBLE

5.1.1 Estudios Anteriores

Tomando en cuenta que se trata de una región de selva muy extensa, de vegetación exuberante y colonización incipiente y no habiendo interconexión con la red regional, era de suponerse la no existencia de estudios anteriores que enfocasen sólo como una parte y no como un todo.

Lo real es que cada uno de los estudios existentes han sido realizados con objetivos diferentes al del presente, con una visión de conjunto que puedan servir como elementos de juicio para una planificación regional, todo esto debido a que la Carretera Marginal de la Selva, no era una realidad, justamente ésta es la esencia de la divergencia de concepciones de

los anteriores estudios con el presente.

Además, se pueden señalar los siguientes factores que contribuyen a la divergencia señalada:

- Diversidad de criterios de las personas encargadas.
- Diferentes épocas de realización.
- Existencia de la Carretera Marginal de la Selva y la Carretera Tarapoto-Yurimaguas.
- Objetivos a servir, distintos.
- Normas técnicas diferentes.

No obstante todo lo expresado anteriormente, los estudios existentes han permitido fijar, en principio, las metas genéricas de exploración.

Debemos resaltar que sólo uno de ellos se ha llevado a cabo en el propio lugar de los hechos: el estudio de trazo de la Carretera Alianza-Lamas, sector Alianza-San Miguel de Shanusi, a nivel de construcción, elaborado por la Corporación Departamental de Desarrollo de Loreto en 1983, con el aporte económico del CANON PETROLERO; pero por el tiempo transcurrido y por tratarse de la selva, los reconocimientos realizados no presentan huellas en

este inmenso mar verde; mientras que los otros estudios se han llevado a cabo a nivel teórico con criterios técnicos y socio-económicos, propios de informaciones estadísticas de los organismos de planificación y evaluación de proyectos.

En resumen, toda esta información ha servido para realizar los estudios de reconocimiento y posteriormente para evaluar y seleccionar la ruta más conveniente para el trazo de la carretera Lamas-Pamashto-Alianza.

5.2 IDENTIFICACION DE LAS RUTAS

5.2.1 Ubicación Geográfica de la Carretera

La Ciudad de Lamas, jurisdicción del Distrito de Lamas, se encuentra ubicada a $76^{\circ}30'55''$ de longitud Oeste y $6^{\circ}25'19''$ de latitud Sur, a 835 m.s.n.m., en la cima del anticlinal Lamas cuyos flancos forman parte de las estribaciones de la Cordillera Oriental que dieran nombre a la "CIUDAD DE LOS TRES PISOS" como lo llamó Antonio Raymondi.

La Localidad de Alianza, jurisdicción del Dis-

trito de Pongo de Caynarachi, se ubica a $76^{\circ}16'41''$ de longitud Oeste y $6^{\circ}7'15''$ de latitud Sur, a 169 m.s.n.m., y está localizada a 42 km + 450 m. en línea recta $35^{\circ}30'$ al N.E. de Lamas, a la altura del kilómetro 87 de la carretera Tarapoto-Yurimaguas y a orillas de la margen derecha del río Shanusi.

Ambos, centros poblados de la Provincia de Lamas, Departamento de San Martín.

Todo el proyecto de la carretera se ubica principalmente en zonas de Selva Alta, cuya topografía es accidentada, porque corresponde en su mayor parte a los contrafuertes de la Cordillera Oriental que desciende al llano amazónico.

Sin embargo, por el extremo Nor-Oriental del área se presentan zonas con características de Selva Baja donde el problema no consiste en salvar grandes desniveles, sino en la dificultad que ofrece su complicado sistema hidrológico que produce zonas inundables de muy difícil drenaje, que da lugar a la formación de pantanos o "aguajales" que hay que evitar.

En el área, el nivel topográfico inferior tiene

una cota de 165 m.s.n.m., localizado en Alianza (nivel del río Shanusi), mientras que el nivel superior se encuentra más o menos a 1530 m.s.n.m., en las estribaciones de la Cordillera Oriental, que representa la divisoria de aguas de los ríos Mayo y Shanusi.

Dentro de este intervalo está comprendido todo el desarrollo topográfico de las rutas alternativas, en el que existen una serie de niveles altitudinales de acuerdo al relieve, correspondiendo el nivel más bajo a las planicies San Miguel de Shanusi-Alianza entre los 169 y 300 m.s.n.m.; le sigue un nivel de colinas bajas a 380 m.s.n.m. y colinas altas entre 600 y 850 m.s.n.m., en el sector Lamas-Pamashto-Bellavista; y en los escarpes localizados en el cañón de Huamanhuasi. Finalmente, un nivel de montañas bajas en el divortium Mayo-Shanusi entre los 1300 y 1400 m.s.n.m. lugar de los cuellos o abras Huayhuantafila y Lamas Ventana.

5.2.2 Estudio de Rutas

La identificación de las rutas se ha llevado a cabo en dos posibles alternativas de trazo (I,II), mediante el **Análisis Cualitativo** que

tiene en cuenta el drenaje superficial, relieve, cobertura vegetal y uso de la tierra, incrementando el análisis de estos parámetros con las anotaciones de observación instantánea que se efectuó en los modelos tridimensionales, recogidas en transparencias y luego trasladadas al mapa base de la zona.

(Ver plano N^o I-Anexo 3)

El **Análisis Cuantitativo**, se inicia con la medición del estereograma y el chequeo de las rutas identificadas cualitativamente, mediante el reexamen estereoscópico de los modelos tridimensionales. (Ver plano N^o II-Anexo 3)

En el análisis cuantitativo, se han procurado alineamientos rectos y de mayor longitud, en cambio en el análisis cualitativo se grafica las rutas con sinuosidades.

El caso que se presenta en el trazo de la Carretera Lamas-Alianza, es la unión de estos puntos separados por una divisoria, que está representada por la cadena montañosa de las estribaciones de la Cordillera Oriental de los Andes, *divortium aquarum* de los ríos Mayo y Shanusi.

Las rutas alternativas están localizadas entre la Plaza de Armas de la Ciudad de Lamas y la localidad de Alianza, a la altura del kilómetro 87 de la Carretera Tarapoto-Yurimaguas.

La primera ruta alternativa (I), es continua de un punto terminal al otro, y la segunda (II), abarca un tramo de corta distancia entre los puntos terminales. Ambas presentan la misma topografía y vegetación.

En cuanto a drenaje, sí existe diferencia entre las dos alternativas, puesto que cada una tiene en su paso quebradas y ríos que salvar, y por consiguiente, esto influye en el costo total de la carretera.

A continuación presentamos un resumen del análisis de las rutas, a partir del estudio de las líneas de gradiente el cual ha sido llevado a cabo totalmente por medio del uso de fotografías aéreas complementadas con imágenes de satélite.

Ruta I. (Alternativa I)

Se inicia en la Plaza de Armas de la Ciudad de Lamas, a 835 m.s.n.m.

Continuando en dirección Norte, a 5 km aproximadamente se cruza la quebrada Juanjuicillo que drena las aguas desde Lamas. Esta área actualmente esta servida por la carretera Lamas- Pamashto en una longitud de 11 km, con una topografía ondulada entre los 835 y 580 m.s.n.m., que no ofrece dificultades de trazo.

Este tramo incorpora tierras de cerca de 5,000 hectáreas sobre las cuales el hombre ha ejercido una deforestación sistemática en estos últimos tiempos. Estas tierras cuyas condiciones ecológicas no son adecuadas a la remoción periódica y continuada del suelo permiten la implantación de cultivos permanentes (frutales y café principalmente); así como pastos y producción forestal, sin deterioro de la capacidad productiva del suelo ni alteración del régimen hidrológico de la cuenca.

En los siguientes 10 km y atravesando escenarios naturales, se presentan algunas quebradas

que drenan a la quebrada Chumbaquihui, que se cruzan aguas arriba y de esta forma disminuir la longitud total de pontones y reducir las dimensiones de las alcantarillas y consecuentemente minimizar el costo de construcción.

Después del km 21 aproximadamente y en los siguientes 5 km de ascenso, continuando en dirección Norte nos encontramos con las nacientes de la quebrada Renacayacu, afluente de la quebrada Chumbaquihui, cuyos talwegs no ofrecen dificultades de cruce, notándose un abrupto cambio en la topografía, pues corresponde a la vertiente occidental de la Cordillera Oriental de los Andes, que constituye una divisoria o barrera bioclimática entre los sectores Lamas y Alto Shanusi, cuyo nivel topográfico oscila entre 1,250 y 1,550 m.s.n.m., dentro de esta área.

El ascenso hasta el Km 26 aproximadamente, dirigiéndose al Abra Lamas Ventana a 1288 m.s.n.m. para cruzar de un lado de la cadena de cerros al lado opuesto, no presenta dificultad especial, pues se aprovecha la topografía favorable que sigue la dirección general del trazado a través de la línea de crestas o cumbres de los cerros, introduciendo en el trazo longi-

tudes adicionales.

Los siguientes 9 Km, hasta el Km 36 se sigue una gradiente uniforme de descenso, encontrándose con sectores de bosque virgen que permanecen en los taludes mas pronunciados de la vertiente oriental, introduciendo también subidas y bajadas que son características del trazo en terreno montañoso.

El tramo, en esta zona cordillerana, cuya longitud es aproximadamente de 15 Km, presenta áreas inhabitadas y con muchos lugares abandonados. Estas tierras aunque presentan vegetación natural boscosa y arbustiva por su ubicación y sus suelos sumamente frágiles, deben ser manejados con fines de protección de cuenca hidrográfica y valores escénicos, garantizando el aprovisionamiento de agua y una conservación permanente del medio ambiente y de la carretera misma al evitar hundimientos, derrumbes, etc.

No olvidemos que la conservación de nuestro medio ambiente tropical, es y debe ser siempre, el fundamento de la existencia de la región, el fundamento de nuevas poblaciones y sociedades que en el futuro se han de organizar en la región.

Continuando los siguientes kilómetros en dirección Nor-Este, hasta el km 47 aproximadamente, y después de cruzar algunos tributarios del río Shanusi, que drenan a través de la quebrada Poloponta, nos encontramos con los remanentes de una planicie original con vertientes más tendidas entre los 800 y 600 m.s.n.m., que ofrece trazos mucho mejores. Estas tierras constituidas por bosque virgen de cerca de 2,000 Ha, constituyen una invaluable fuente de recursos económicos, sociales y ecológicos que deben ser manejados en forma técnica desarrollando y utilizando sistemas que aseguren su renovación.

A partir del Km 47 y en los próximos 37 Km siguiendo dirección Este, hacia el centro poblado de Alianza (Final de ruta), se continua en forma longitudinal al río Shanusi por su margen derecha.

En este tramo, a la altura del Km 50 aproximadamente, nos encontramos con una cadena de montañas bajas conocida como cerro Huamanhuasi sumamente agreste y accidentada que se eleva hasta 935 m.s.n.m., proyectándose hacia el Sur-Este, transversal al trazo. Debido a sus fuertes pendientes con escarpes impracticables, no tie-

ne) ningún potencial agropecuario; sin embargo, por los recursos hidroenergéticos existentes, está llamado a servir en el futuro, como escenario de centrales hidroeléctricas, con atractivos para la recreación y el turismo.

El río Shanusi, en su afán de llegar al llano Amazónico, ha erosionado profundamente esta cadena, formando un cañón curvado de paredes verticales, con desfiladeros de pequeñas quebradas, que no siguen la dirección general del trazado.

Este cañón profundo, que se estrecha en algunos lugares hasta () tener un ancho de menos de 40 metros, es el único paso posible para atravesar esta cadena montañosa en una longitud de 19 Km aproximadamente. No existe ningún otro trazo factible para cruzar estas montañas, dentro de esta área, que representa una de las zonas más desconocidas e inexploradas del país.

En el sector denominado Cobreyacu, a la altura del Km 54, se cruza el río Izula. Desde el emplazamiento de un puente en este río, hasta la parte superior del cañón, hay un ascenso fuerte, requiriendo el desarrollo de tramos

artificiales impuesto por la pendiente longitudinal, que está por encima de la excepcional permisible que es de 8%; pero el resto en este tramo, si bien, en muchos lugares con pendientes demasiado pronunciadas, sigue una topografía más suave ofreciendo mejores trazos que la otra vertiente.

Después de cruzar el cañón del Huamanhuasi, a partir del Km 69 aproximadamente, descendemos al llano Amazónico o selva baja, caracterizado por su complicado sistema hidrológico. El río Shanusi divaga en un valle de pendiente reducida y vertientes muy tendidas, formando grandes eses.

El trazo se ubica a lo largo del eje Este de la gran planicie San Miguel de Shanusi-Alianza, paralelo al río Shanusi, en una longitud aproximada de 15 Km. En este tramo la ruta incorpora asentamientos humanos extendidos en toda su longitud, e integra grandes extensiones de terreno útil para la agricultura y ganadería que actualmente es el motor económico de los incipientes colonizadores a pesar de lo difícil que significa la comercialización.

Esta microregión del Shanusi, según estudios del Ministerio de Agricultura, contiene cerca de 200,000 Ha de tierras cultivables. La tierra de esta zona es indudablemente rica, puesto que presenta suelos de la más alta calidad agrológica del área, con ninguna o muy pocas limitaciones que restringen su uso, por lo que se tendrá que planificar el desarrollo en armonía con la naturaleza, considerando el impacto ambiental y la colonización ordenada.

La ventaja de uniformidad de topografía, sin altos ni bajos, permite un amplio diseño de la vía, después de salvar el problema de drenaje. Las fuertes lluvias producen aumentos del caudal de las quebradas, siendo necesario la construcción de obras de drenaje para mantener un buen alineamiento y la estabilidad de la carretera principalmente.

En el Km 81 aproximadamente, se cruza el río Pintoyacu, en donde se deberá proyectar un puente de 35 mt de luz. Los siguientes 3 Km hasta de llegar al centro poblado de Alianza, a la altura del Km 87 de la carretera Tarapoto-Yurimaguas (Empalme de estudio), no presenta problemas de drenaje, salvo pequeñas vertientes del río Shanusi.

Ruta II. (Alternativa II)

Se inicia en el caserío de Pamashto, ubicado a 11 Km de la ciudad de Lamas y a 716 m.s.n.m.

Continuando en dirección Nor Oeste, paralela a la primera ruta, hacia su izquierda, a 4.5 Km aproximadamente se cruza la quebrada Chumba-quihui, en donde se deberá emplazar un puente de 8 mt de luz. Después de 3 Km aproximadamente hasta llegar al caserío de Bellavista a 706 m.s.n.m., la ruta atraviesa una topografía ondulada que no presenta dificultades de trazo.

En este tramo la ruta incorpora tierras que son adecuadas para cultivos permanentes (Frutales principalmente) y para el pastoreo, siempre que sean manejadas en forma técnica sin deterioro de la capacidad productiva del recurso suelo, ni alteración del régimen hidrológico de la cuenca.

En los siguientes 10 Km hasta llegar a una cadena de cerros entre 1,360 y 1,240 m.s.n.m., se atraviesa terreno montañoso siguiendo la línea de cumbres. Las depresiones profundas originadas por los talwegs de las quebradas,

que corren paralelas a la ruta, no permiten realizar un trazo más directo, por lo que se deberán introducir distancias suplementarias para hacer posible el ascenso dentro de los límites de gradiente, haciendo costosa esta ruta por lo que significaría su construcción y mantenimiento.

Luego de cruzar esta cadena de cerros bajos a través de 3 abras entre 1,220 y 1,268 m.s.n.m. descendemos en una longitud de 4 Km cambiando hacia la dirección Nor Este, encontrándonos al pie de las estribaciones de la cordillera oriental rumbo al Abra Huayhuantafila ubicado a 1,412 m.s.n.m. en esta cordillera.

El ascenso aproximadamente de 5 Km hasta el abra Huayhuantafila sigue las cumbres de los cerros. Este tramo presenta una topografía accidentada, puesto que habrá que alcanzar mayores altitudes para atravesar esta cadena montañosa.

Los siguientes 4.5 Km en dirección Nor Este entre 1,350 y 1,300 m.s.n.m. cae en terreno horizontal, pues el trazo sigue la línea divisoria, rodeada de algunos precipicios profun-

dos que implican la introducción de una extensa longitud adicional, haciendo difícil proyectar la carretera ya que el movimiento de tierras sería significativo.

Los siguientes 4 Km aproximadamente y después de cruzar algunas nacientes de la quebrada Poloponta, tributario del río Shanusi, hasta la convergencia con la Ruta I, al pie de la vertiente Oriental del divortium Mayo-Shanusi, no ofrece dificultad pues sigue un descenso uniforme, ya que la topografía lo permite.

Al igual que en la primera ruta, las tierras en esta zona de cordillera, no reúnen las condiciones ecológicas mínimas requeridas para cultivo, pastoreo o producción forestal, que por su ubicación y características deben ser manejados con fines de protección de cuencas hidrográficas y preservación del equilibrio del ecosistema.

5.2.3 Características de las Líneas de Gradiente

El eje preliminar de trazo se determinó uniendo puntos de inflexión del terreno con alineamientos rectos, formándose una línea muy quebrada

que es la "línea de gradiente", que en lo posible deberá coincidir con el eje de la carretera.

El cálculo de las cotas del terreno en cada uno de los puntos nivelados del eje preliminar de la carretera, se realizó mediante la "Medición Estereoscópica" usando la barra de paralaje en conjunción con el estereoscopio de espejos.

La nivelación se inició en la plaza de Armas de la Ciudad de Lamas, cuya cota es 835 m.s.n.m. determinado por SENAPA-Unidad Operativa de Tarapoto, llegando al centro poblado de Alianza con 169 m.s.n.m. a la altura del Km 87 de la carretera Tarapoto-Yurimaguas.

Toda esta información se presenta en el Tomo II-Anexo N°1, que es la base para determinar las líneas de gradiente, tal como se muestra en el plano N°II-Anexo 3.

Las cotas obtenidas en la nivelación, servirán para la ejecución del perfil longitudinal del eje preliminar de la carretera, como se presenta en el plano N° III-Anexo 3.

Dada las características topográficas e hidrológicas de la zona para la cual transcurre los tramos de la vía y considerando el volumen de tránsito de pasajeros y carga que se espera en 20 años de vida útil del proyecto, se ha estimado un Índice Medio Diario (IMD) de 400 a 2,000 vehículos por día y las características geométricas de una carretera de segunda clase.

El criterio utilizado se basa fundamentalmente en las Normas Peruanas para el Diseño de Carreteras, obteniéndose los siguientes valores:

- Velocidad de Diseño = 45 km.p.hr.
- Tráfico Horario = 120 veh.
- Porcent. de Tráfico Pesado= 20%
- Radio Mínimo Normal = 75 m.
- Radio Mínimo Excepcional = 55 m.
- Distancia Mínima de Parada= 120 m.
- Superficie de Rodadura = 6 m.
- Ancho de Bermas = 2.40 m.
- Ancho de Calzada = 10.80 m.
- Talud de Relleno = 1.5:1.0 H:V
- Talud de Corte = 1.0:2.0 H:V
- Cunetas = H=1.0 m;V=0.50 m.
- Peralte = 6%
- Bombeo = 2%

5.3. SELECCION DE LA RUTA MAS CONVENIENTE.

En el estudio de rutas se ha incidido sobre todo en el aspecto técnico y siguiendo la nueva filosofía de las carreteras, vale decir en la búsqueda de la faja de trazo que reúna condiciones de buen drenaje y topografía, que incorpore la mayor extensión de tierra útil, además de la búsqueda de terrenos no inundables y de la no presencia de aguajales y pantanos que son grandes problemas para la selección de la ruta de trazo.

5.3.1 Identificación y Recomendación de la Ruta más Conveniente de Acuerdo a la Metodología Empleada.

Para identificar y recomendar la mejor ruta se preparó un cuadro de parámetros con su respectiva ponderación, recomendado según trabajo anterior realizado en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI): Caminos por Métodos Fotogramétricos-Fuentes L., Alfonso. 1980.

Nº de Orden	Parámetros de Selección	Pesos o Puntuación
1	Distancia total (km)	0 - 10
2	Pendiente promedio(%)	0 - 10
3	Drenaje	0 - 8
4	Puentes	0 - 6
5	Uso de la Tierra	0 - 6
6	Cobertura vegetal	0 - 6
7	Alineamiento	0 - 6
8	Costo de construcción	0 - 8

A cada uno de los parámetros de selección, se le ponderó según su importancia. La ruta con menor puntaje, aparecerá como la más conveniente.

Con el propósito de comparar las dos alternativas de trazo se tomaron en cuenta los criterios de selección a partir del caserío de Pamashto hasta la convergencia de ambas rutas, ya que los demás tramos son únicos, no existiendo ningún otro trazo factible dentro de esta área.

Los criterios tomados en cuenta para la evaluación de la ruta son:

- La mas corta.
- Pendientes favorables.
- Menor costo de construcción.
- Drenaje favorable.
- Proximidad hacia la zona de Cantera.
- La que recoja la mayor cantidad de transporte.
- La equidistancia que debe tener la ruta respecto a la zonas agroganaderas y la que permita la mayor incorporación de tierra útil para la explotación racional de los recursos naturales.

Podemos resumir en el siguiente cuadro la evaluación de las dos alternativas:

CUADRO Nº V -I

PONDERACION Y SELECCION DE LA RUTA MAS CONVENIENTE

CRITERIOS DE SELECCION	PONDERACION (a)		MEDIDAS (b)		PESOS (a*b)	
	RUTA I	RUTA II	RUTA I	RUTA II	RUTA I	RUTA II
Distancia Total (km)	7	10	25.39	35.95	177	359
Pendiente promedio(%)	8	7	10	9	80	63
Drenaje superficial	4	6	-	-	4	6
Puentes (Obras de drenaje)	3	5	-	-	3	5
Subidas y bajadas	4	6	-	-	4	6
Uso de la Tierra	4	4	-	-	4	4
Cobertura vegetal	2	2	-	-	2	2
Alineamiento	2	5	-	-	2	5
Costo de construcción	6	8	-	-	6	8
TOTAL PUNTAJE					282	458

En cuanto a geología y suelos, ambas rutas presentan similitud por su proximidad, por lo tanto no influyen en la selección de la ruta.

Luego, según el cuadro precedente, la ruta con menor puntaje es la Alternativa I, y por lo tanto se considerará como la más conveniente.

5.4 INFORMACION GEOLOGICA, SUELOS Y CANTERAS

5.4.1 Aspectos Geológicos

Es muy importante conocer el proceso evolutivo de un área, para poder pronosticar la potencialidad de ocurrencia de fenómenos que pueden ser catastróficos, en algunos casos, o tener la explicación del porqué ocurren tales procesos para intentar luego medidas de protección duraderas.

Las características de la faja de trazo, muestra en su aspecto fisiográfico, paisajes con rasgos topográficos suaves, plano a ligeramente ondulado (Gran Paisaje Aluvial) y también paisajes de topografía variable de quebrada hasta montañosa (Gran Paisaje Colinoso), con pendientes variables de 8 hasta 70%. Además, se encuentran un conjunto de cimas y laderas largas con variada disectación, con declives mayores de 70% (Gran Paisaje Montañoso); compuestos por materiales aluviónicos, coluviónicos y materiales sedimentarios del terciario y cretáceo.

a) Gran Paisaje Aluvial

Dominante en el extremo Nor Este del sector Alto Shanusi, se caracteriza por su topografía plana a ondulada con una exuberante vegetación y la presencia de un ramificado sistema de drenaje natural con afloramientos de la napa freática, cuya diferenciación tanto de origen como de forma está definida por la llanura aluvial con características de selva baja, que ha sido generada por el río Shanusi así como por su red de tributarios, entre ellos el río Pintoyacu.

b) Gran Paisaje Colinoso

Característico del Sector Lamas, presenta una superficie con ondulaciones pronunciadas que le confieren un aspecto corrugado de variable intensidad, cuyas formaciones están estrechamente ligadas a procesos estructurales dominados por movimientos orogénicos y epirogénicos y a la acción modeladora de la erosión hídrica motivada por la precipitación pluvial básicamente.

Litológicamente está constituido por lutitas, arcillitas y limolitas tanto ácidas como calcáreas de color rojo a pardo rojizo básicamente, del terciario; así mismo por areniscas ácidas de color pardo amarillento a pardo fuerte, del cretáceo mayormente.

c) Gran Paisaje Montañoso

Este gran paisaje se caracteriza por presentar superficies de topografía pronunciada y agreste, como resultado de movimientos orogénicos y tectónicos así como por el modelado de la acción erosiva de las lluvias; está constituido por amplia gama de material sedimentario del cretáceo y triásico, y presenta elevaciones mayores de 300 m. de altura con respecto a su nivel de base local.

En la zona de estudio, geomorfológicamente forma el ambiente de cadenas o cordilleras medias estructurales y depresiones que influyen en el modelado general del área, dando lugar a áreas positivas y negativas abruptas.

Geotectónicamente, el área de estudio comprende parte de la zona de deformación subandina correspondiente a las fases quechuanas (Terciario Superior), denominada "pie de monte amazónico" de gran complejidad geológica y geomorfológica, caracterizada por sistemas de fallas inversas recientes de gran longitud y plegamientos en anticlinales, fallas, flexuras y fosas tectónicas.

Incluso se encuentran deformando depósitos aluviales cuaternarios, constituyendo así la tectónica (procesos estructurales) el principal agente edificador de los ambientes geomorfológicos mayores y de actividad sísmica del área.

En la zona de estudio existen dos cadenas o cordilleras bien definidas, que dentro del área alcanzan las mayores altitudes:

- El Anticlinorium Campanquiz Escalera, originado por los contrafuertes de la cordillera oriental, formado por un sistema de fallamiento compresional, edificando una cadena estructural

compleja donde afloran las rocas más antiguas del área (Cretácico-Jurásico), que por consiguiente, conforman una topografía muy accidentada y tiene una evolución morfológica controlada. Se eleva hasta 1,600 m.s.n.m. dentro de esta área.

- Una cadena o cordillera baja estructural, que se eleva desde 550 hasta 935 m.s.n.m., con una orientación NO-SE. Se encuentra erosionada o cortada transversalmente por el río Shanusi, formando un paso estrecho y profundo, conocido como cañón del Huamanhuasi, a lo largo de 19 km de longitud cuyo fondo se encuentra entre 310 y 350 m.s.n.m. Presenta una topografía agreste que la hace poco menos que inaccesible.

También son importantes las siguientes estructuras menores:

- La Gran Fosa Tectónica o Graven, que divide longitudinalmente al Anticlinorium Escalera, desde Chazuta hasta

el río Shanusi, debiéndose en este caso a una falla de sobreescurrecimiento. Esta fosa aparenta ser un callejón profundo y amplio de 0.9 a 3.5 km. de ancho, aproximadamente, y con una longitud de 50 km.; el fondo es ondulado, presentando lomadas, colinas bajas y riachuelos.

Esta fosa está a bastante altura, por lo que puede ser aprovechada para fines hidroeléctricos o para parques o reservas naturales.

- La Depresión Amazónica Oriental o Selva Baja, constituida por rocas cenozoicas y recientes con un relieve colinoso bajo y aplanamientos situados por debajo de los 180 m.s.n.m.
- Otra estructura menor que tiene expresión geomorfológica importante, es el Anticlinal Lamas, en cuya cima se ubica la ciudad del mismo nombre. Su forma es simétrica y está conformada por la alternancia de rocas duras

(areniscas), rocas blandas (lutitas) del Cretáceo y Terciario, levantándose hasta 900 m.s.n.m.

En términos generales las condiciones geológicas y geomorfológicas se consideran favorables para la ubicación y trazo de la carretera.

Se puede afirmar que la dinámica evolutiva del basamento físico (substrato rocoso) modelado por procesos morfodinámicos actuales y potenciales o latentes (tectonismo, sismicidad, erosión, transporte, colmatación) sobre los que tiene mucha incidencia la actividad antrópica (del hombre), está controlada y estabilizada.

5.4.2 Naturaleza General de los Suelos del Proyecto

Debido al objetivo primordial del presente estudio, así como al escaso reconocimiento de campo realizado, este aspecto no se analiza profundamente, ya que la zona cubierta es muy grande.

Sin embargo, en términos generales, se puede establecer que en el ámbito de influencia del estudio de trazo de la carretera Lamas-Pamash-to-Alianza, se observa un perfil de suelos muy definido:

En el sector Lamas, los depósitos a lo largo de la faja de trazo están constituidos por suelos formados sobre materiales residuales, originados a partir de areniscas ácidas, de topografía ondulada a colinada; muy profundos, con desarrollo genético, de color pardo amarillento a pardo oscuro, de textura gruesa (franco arenoso).

ANALISIS MECANICO

PROFUNDIDAD (cm)	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	SUELO
0 - 10	64	26	10	Franco Arenoso
10 - 35	68	20	12	Franco Arenoso
35 - 60	68	22	10	Franco Arenoso
60 + 120	66	18	16	Franco Arenoso

Fuente: INRENA

En el sector Alto Shanusi, según la calicata representativa realizada en el caserío Alfonso Ugarte, los depósitos de gran espesor a lo lar-

go de la faja de trazo agrupa suelos aluviales; de topografía plana a ligeramente ondulada, profundos, con desarrollo genético, de color pardo a pardo rojizo, de textura moderadamente fina (franco arcilloso); donde la primera capa está constituida por material orgánico, es decir el humus, motor de la fertilidad para la agricultura con un espesor entre los 0.20 a 0.40 m.

ANALISIS MECANICO

PROFUNDIDAD (cm)	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	SUELO
0 - 20	28	34	38	Franco Arcilloso
20 - 40	22	28	50	Arcilla
40 - 70	22	28	50	Arcilla
70 + 130	32	30	38	Franco Arcilloso

Fuente: INRENA

Por los resultados del análisis mecánico, se puede apreciar que para lograr la estabilidad del terreno de fundación para la subrasante de la carretera, éste requiere tratamiento para que actúe satisfactoriamente.

Si bien es cierto que el análisis mecánico de una masa de suelo no es suficiente como para

predecir su comportamiento, ya que nos da muy poca información con respecto a las propiedades físicas de los diferentes suelos; sin embargo, es de gran ayuda, pues nos permite tener una base de clasificación que sirve para descubrir la presencia de aquellos constituyentes que ejercen una importante influencia en las características físicas del suelo.

Por otro lado, cabe mencionar que mayormente se hace un estudio detallado del suelo junto con el estudio del trazado final (definitivo) y poder predecir su posible comportamiento en el terreno, lo cual permitirá seleccionar los materiales convenientes para la construcción del camino.

5.4.3 Canteras

Se ha determinado la ubicación de tres canteras principales para el afirmado de la vía:

1. **Cantera Lamas**, situada a la altura del km dos de la carretera Lamas-Marginal y con una distancia al eje de 1.5 km. lado izquierdo. Es una cantera de explotación pública, cuya forma de agregado es angular

y sub angular con una textura superficial porosa; proviene de depósito coluvial, con una potencia de 110,000 m3.

2. **Cantera Hojayacu**, situada a 2.5 km de la carretera Lamas Pamashto y con una distancia al eje de 250 mt, lado izquierdo. Es una cantera de explotación pública, cuyas características son similares a las de la cantera Lamas.
3. **Cantera Shanusi**, proviene de depósitos arenosos pleistocénicos de gravas y cantos rodados aluviales del río Shanusi, que discurre paralelamente a la izquierda del eje de la carretera; de potencia óptima y de condición renovable.

Está situada en la confluencia con la quebrada Algodonayoc, tributario por la margen izquierda del río Shanusi, a 1.5 km del caserío San Miguel de Shanusi y a 15 km de Alianza, siendo la mayor por su gran volumen que abastecería la demanda del afirmado con facilidad. La forma del agregado es redondeada y subangular, textura superficial lisa. No explotada.

Además, sobre el río Shanusi existen otras canteras pero de menor potencia, que podrían ser aprovechadas también para el afirmado de la carretera.

5.5 INFORMACION DE HIDROLOGIA Y DRENAJE

El clima del área de estudio en general, se caracteriza por las notables fluctuaciones de la temperatura media, que varía desde los 26°C hasta menos de 17°C de acuerdo al incremento de la altitud; así mismo, por precipitaciones totales anuales muy variables, desde menos de 1,000 mm. hasta precipitaciones abundantes mayores de 2,000 mm. Estas condiciones térmicas y de humedad permiten el desarrollo de una densa cubierta vegetal y escorrentía, típicas del trópico húmedo.

En general, existen dos épocas bien marcadas durante el año; una, lluviosa, y la otra con menores precipitaciones.

La época lluviosa normalmente se inicia en Octubre y cesa en Abril, mostrando en el régimen anual de los ríos la ocurrencia de un período de avenidas, aunque con una gran variabilidad, ya que se presentan meses de caudales bajos dentro del período de avenidas, que alcanza el período mensual más alto en Febrero (135 mm. aproximadamente) y

un promedio total por año de 960 mm. aproximadamente, incrementándose en las partes más altas donde sobrepasa los 2,000 mm. en los cerros Escalera, localizado en las estribaciones de la Cordillera Oriental que, compromete el régimen hidrológico del área, conformando las nacientes de las numerosas quebradas que visten sus aguas a los ríos Mayo (tributarios de la margen izquierda) y Shanusi (tributarios de la margen derecha).

La época de menores precipitaciones se ubica entre Mayo y Setiembre y se caracteriza porque son más esporádicas y escasas, mostrando la ocurrencia de un período de estiaje; algunas veces las lluvias no alcanzan significación. En el sector Lamas, las precipitaciones son más irregulares en su distribución mensual, donde se presentan lluvias abundantes durante los meses de Octubre y Diciembre.

El área de estudio forma parte de las subcuencas de los ríos Mayo y Shanusi, diferenciándose los patrones de drenaje local subdendrítico, asimétrico y anastomozado, que evidencian la presencia de un tipo de drenaje perteneciente a zonas sin influencia estructural y otro tipo de drenaje de los terrenos aluviales.

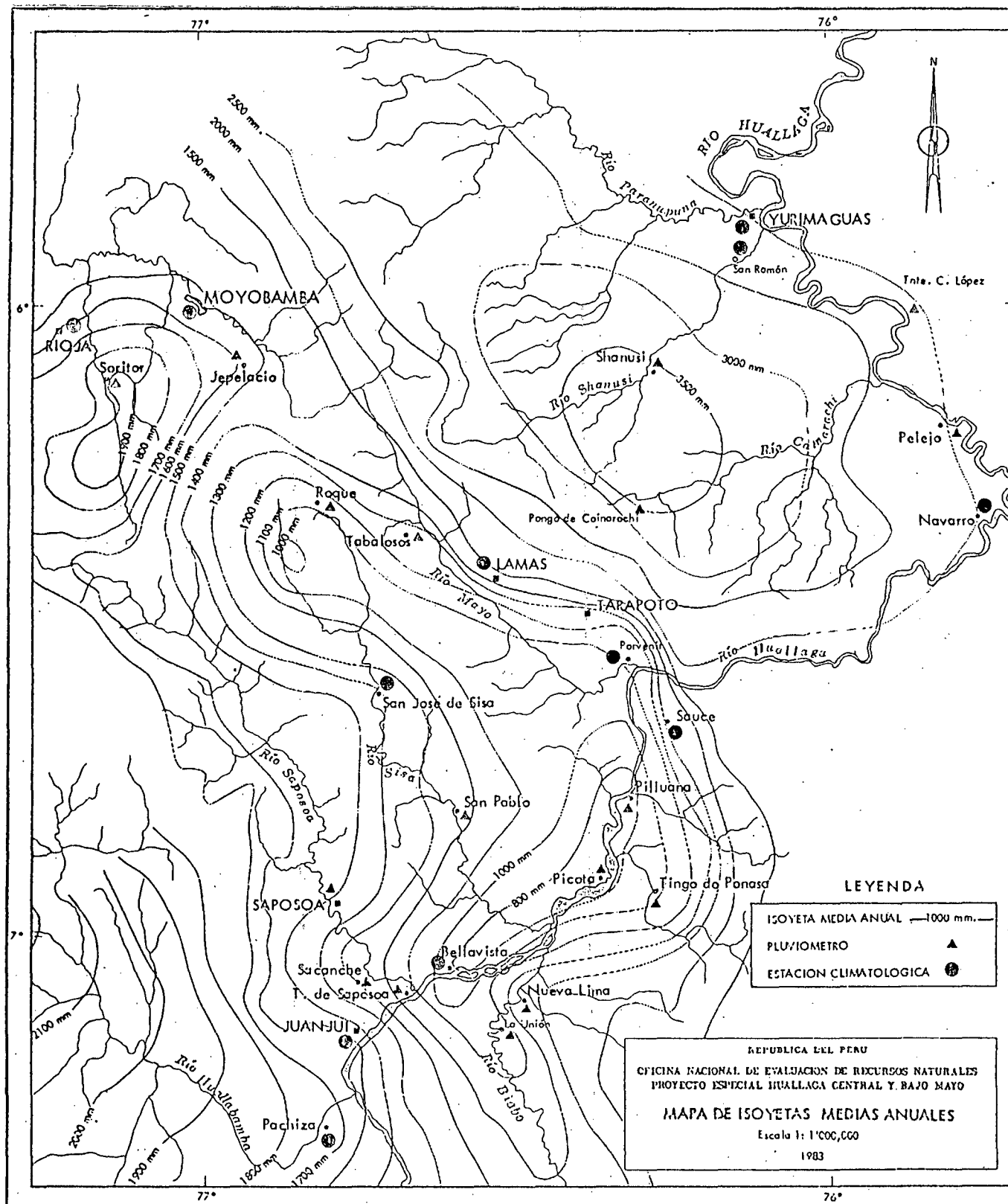
El área presenta un eje fluvial o colector principal representado por la parte alta del río Shanusi hasta el extremo Nor-Oriental del área donde se localiza el centro

poblado de Alianza. En su recorrido a través de este tramo, recibe principalmente por su margen derecha, el aporte de numerosos tributarios: las quebradas Poloponta, Pinto y los ríos Izula y Pintoyacu, como los más importantes; los que a su vez reciben aguas de numerosos cauces secundarios.

Por el extremo Occidental del área, tenemos los tributarios de la margen izquierda del río Mayo, destacando las quebradas, Chumbaquihui y Juanjuicillo, por recolectar una gran proporción de agua de la parte norte del área hasta Lamas.

Estas subcuencas, son de vital importancia en el desarrollo de la zona porque además constituyen la principal fuente proveedora del agua para satisfacer las necesidades primarias de las poblaciones asentadas.

En general, el drenaje natural de la zona es eficiente. Sin embargo, el sistema de drenaje es complicado principalmente en la parte central del valle formado por el río Shanusi, con características de selva baja, donde las precipitaciones pluviales son máximas y constantes en los meses de lluvia, originando escurrimientos y presencia de avenidas máximas en los ríos, riachuelos y quebradas.



ESTACIONES METEOROLOGICAS EXISTENTES EN LA ZONA
DE ESTUDIO Y CUENCAS ALEDAÑAS

Nombre de la Estación	Tipo	Entidad Operadora	Ubicación Geografica				Período de Registro
			Latitud	Longitud	Altitud m.s.n.m.	Cuenca	
Balsapuerto	PLU	SENAMHI	05° 51'	76° 35'	200	Cachiyacu	1965-73
Yurimaguas	S	SENAMHI	05° 52'	76° 07'	184	Huallaga	1950-79
San Ramón	CP	SENAMHI	05° 55'	76° 08'	184	Shanusi	1969-80
Yuracyacu	PLU	SENAMHI	05° 57'	77° 12'	850	Yuracyacu	1963-76
Moyobamba	S	SENAMHI	06° 02'	76° 58'	860	Mayo	1959-78
Sucshuyacu	PLU	SENAMHI	06° 03'	75° 52'	190	Huallaga	1964-77
Rioja	CO	SENAMHI	06° 04'	77° 09'	848	Tónchima	1963-78
Jepelacio	PLU	SENAMHI	06° 07'	76° 58'	860	Mayo	1965-78
* Shanusi	PLU	SENAMHI	06° 07'	76° 17'	280	Shanusi	1965-80
Soritor	PLU	SENAMHI	06° 08'	77° 06'	635	Mayo	1965-78
Pelejo	PLU	SENAMHI	06° 13'	75° 48'	190	Huallaga	1964-80
Roque	PLU	SENAMHI	06° 21'	76° 47'	1,100	Sisa	1967-80
Navarro	CO	SENAMHI	06° 21'	75° 45'	195	Huallaga	1964-80
* Pongo de Caina							
rachi	PLU	SENAMHI	06° 21'	76° 17'	210	Cainarachi	1964-80
San Antonio	PLU	SENAMHI	06° 22'	76° 20'	510	Cumbaza	1964-80
Tabalosos	PLU	SENAMHI	06° 25'	76° 39'	1,050	Mayo	1963-79
* Lamas	CO	SENAMHI	06° 27'	76° 32'	835	Mayo	1964-80
Cuñumbuque	PLU	SENAMHI	06° 31'	76° 31'	830	Mayo	1964-80
Tarapoto	S	SENAMHI	06° 31'	76° 23'	356	Cumbaza	1951-78
Chazuta	PLU	SENAMHI	06° 37'	76° 11'	260	Huallaga	1964-80
San José de Sisa	CO	SENAMHI	06° 37'	76° 42'	900	Sisa	1964-80
Porvenir	CP	INIPA	06° 38'	76° 21'	330	Cumbaza	1964-80
Sauce	CO	SENAMHI	06° 41'	76° 15'	850	Lag. Sauce	1964-73
Pilluana	PLU	SENAMHI	06° 48'	76° 19'	302	Huallaga	1964-80
San Pablo	PLU	SENAMHI	06° 48'	76° 35'	400	Sisa	1968-80
Picota	PLU	SENAMHI	06° 54'	76° 23'	306	Huallaga	1964-80
Tingo de Ponaza	PLU	SENAMHI	06° 56'	76° 18'	400	Huallaga	1964-80
Saposoa	PLU	SENAMHI	06° 56'	76° 46'	324	Saposoa	1967-80
Bellavista	CO	SENAMHI	07° 01'	76° 36'	312	Huallaga	1964-80
Sacanche	PLU	SENAMHI	07° 02'	76° 46'	320	Saposoa	1964-80
Dos de Mayo	PLU	SENAMHI	07° 02'	77° 08'	580	Huallabamba	1964-80
Nuevo Lima	PLU	SENAMHI	07° 04'	76° 31'	350	Huallaga	1964-80
Juanjuí	S	SENAMHI	07° 08'	76° 44'	500	Huallaga	1964-78
La Unión	CO	SENAMHI	07° 09'	76° 33'	500	Biabo	1971-80
Pachiza	CO	SENAMHI	07° 17'	76° 47'	328	Huallaga	1964-80
Shepte	PLU	SENAMHI	07° 29'	76° 51'	900	Huallabamba	1964-80

CP : Climatológica Principal

CO : Climatológica Ordinaria

S : Sinóptico

PLU : Pluviométrica

SENAMHI : Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

INIPA : Instituto Nacional de Investigación y Producción de Alimentos

* : Estaciones - Area de Estudio

Este problema se ha superado en gran parte, identificando rutas de trazo con menos cruces de corrientes; y se tendrá que proyectar la rasante de las explanaciones en este tramo de la vía, intencionalmente un 20% por encima del terreno natural para compensar las pérdidas de altura por hundimientos del terreno soportante y sobre todo para obtener un buen drenaje.

La finalidad del presente estudio no es presentar los diseños típicos recomendables de las obras de arte existentes como puentes, pontones, alcantarillas, etc., dado la magnitud del mismo; sino preparar los planos de trazo del eje preliminar de la carretera, que representará en lo posible el eje definitivo.



CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A. CONCLUSIONES

1. Hoy en día, el desarrollo aeroespacial y el empleo de los productos del Sistema de Percepción Remota o Teleobservación (Fotografías aéreas, imágenes de satélite, etc.), mediante las técnicas de tipo analógico o analítico, constituyen una herramienta poderosa que viene adquiriendo una importancia creciente en la búsqueda de soluciones concretas a los múltiples problemas que aquejan a la sociedad.
2. Se podría reducir a dos, los grandes campos de aplicación de las fotografías aéreas:
 - Estudio de la cobertura terrestre y preparación de mosaicos.

- Confección de mapas de todo tipo mediante instrumentos de restitución estereoscópica.
3. El estudio de las variantes de un trazo, se efectúa con ventaja desde el aire porque se obtiene una impresión visual sintética y detallada respecto al terreno circundante. La comparación de costos y ventajas y el establecimiento de la importancia de cada ruta se hace en conjunto y mentalmente, eliminando las soluciones de dudosos resultados y reducir la selección a dos, que puedan estudiarse con más detalle para seleccionar la mejor.
4. Debido a su magnitud y natural complejidad, cualquier estudio terrestre que se efectúe, requiere de un tiempo muchísimas veces superior que el que toma un estudio similar por métodos aéreos. Se requiere solamente conocer con antelación los aspectos generales relacionados con las características regionales y sus relaciones con ellas, tanto en lugar como en tipo; entendiéndose por **región** cualquier porción de la superficie terrestre que por la similitud de sus características puede ser estudiada como una sola unidad.

5. La fotografía aérea, estudiada aquí, de eje prácticamente vertical, desempeña el papel de un mapa mucho más completo y detallado (excepto en la zona cubierta por bosques densos) que el plano más completo a escala similar, que nos obliga a aceptarla como un instrumento invaluable en nuestras diarias actividades técnicas.
6. Las ventajas del trazo por métodos aéreos son más notables en terrenos bien desarrollados, de perfil moderado, y donde ya se han establecido puntos de posición que pueden ser empleados como control para la confección de los planos correspondientes.
7. Debe utilizarse sin vacilaciones la fotografía aérea en todos aquellos casos en que la cartografía de la región es demasiado rudimentaria, sobre todo si el recorrido en el campo es difícil o no abundan los detalles característicos; por la comodidad y consulta que proporciona.
8. La identificación de rutas se puede realizar únicamente con el análisis cualitativo (foto interpretación); sin embargo en el estudio se ha querido profundizar la investigación efec-

tuando el análisis cuantitativo (fotogramétrico), situando previamente los objetivos en un sistema geográfico de referencia, a través de la triangulación radial mecánica.

9. Mediante el análisis cualitativo fue posible evaluar las dos alternativas de trazo identificadas, en función de variados factores, como son: el uso de la tierra y la cobertura vegetal por un lado y los matices del relieve y drenaje superficial por otro.
10. El análisis cuantitativo, nos permitió seleccionar la mejor alternativa de trazo a partir del estudio de las líneas de gradiente y los perfiles respectivos, obtenidos vía la medición estereoscópica usando la barra de paralaje en conjunción con el estereoscopio de espejos.
11. Como resultado vemos que el uso de las fotografías aéreas permite la reducción de costos en grado importante al cubrir grandes extensiones en plazos reducidos; evita el alto costo del trabajo de campo ya que mediante la estereoscopia permite que los estudios se realicen en el gabinete.

12. El planeamiento de rutas, según el método empleado, permite inferir evidencias, entre otras cosas, como la predicción de los efectos de las actividades humanas con respecto a la modificación del relieve. Permite prever la ocurrencia de derrumbes derivados de la nueva carretera.
13. El estudio del drenaje superficial y el cálculo de la pendiente longitudinal constituyen los parámetros más importantes en el desarrollo del método expuesto.
14. La Ruta I resulta ser la más conveniente según la escala de ponderación común aplicada a ambas rutas, donde la menor puntuación determina la elección de la ruta.
15. La justificación económica de la ruta seleccionada se debe fundamentalmente a la apertura de una gran zona de influencia regional para incentivar las actividades actuales y potenciales, que serán beneficiadas por la implementación y construcción del proyecto carretero. Con esta carretera se incorporarán extensas tierras para la agricultura, se desarrollará la ganadería en función a un aprovechamiento racional de

los recursos naturales, preservando los escenarios naturales y el ecosistema, en general.

16. La carretera en estudio, permitirá la integración de los sectores Lamas y Alto Shanusi, separados hasta la fecha por la barrera bioclimática de la Cordillera Oriental, divortium aquarum de los ríos Mayo y Shanusi.
17. Se tienen 83,820 m. de trazo del eje preliminar de la carretera, con los planos respectivos, desde Lamas a Alianza.
18. Evidentemente, existen una serie de factores que influyen directa o indirectamente en la calidad y precisión de los resultados. Entre los principales de dichos factores, pueden señalarse los siguientes:
 - Empleo de material cartográfico, principalmente fotografías aéreas, de comprobada antigüedad y otros factores inherentes a esta información que hace que su confiabilidad tenga carácter relativo.
 - La falta de una adecuada comprobación de campo, como es aconsejable, que nos permi-

ta corregir las dudosas interpretaciones.

- El desfase cronológico entre la fecha de toma de las fotografías aéreas, la época del año de captación de la imagen LANDSAT y la época en que se realizó el reconocimiento de campo. Se estima que durante los lapsos transcurridos existe sustancial variación de los parámetros de selección, principalmente referidos a la cobertura vegetal y áreas de cultivos.

19. Las limitaciones antes señaladas no constituyen inconveniente por considerar que el presente estudio representa un primer paso en el proceso lógico, cuyo objetivo es el trazo, sobre bases sólidas, del eje preliminar de la carretera Lamas-Pamashto-Alianza.

20. El presente estudio, pensamos, significará un documento técnico para solicitar el financiamiento a entidades Nacionales e Internacionales para posteriores estudios y poder de esta manera hacer realidad los sueños de interconexión vial de la selva del Shanusi, con la red vial Regional, Departamental y Nacional.

B. RECOMENDACIONES

1. Se debe continuar la investigación con la finalidad de desarrollar una técnica aplicable a la topografía de nuestro territorio, dado que los estudios sobre vías de comunicación e irrigación en la región de la selva especialmente, se realizarían en forma eficiente, con mayor rapidez y a un menor costo.
2. No obstante, el conocimiento de estas técnicas implican necesidades profundas de divulgación y capacitación de los cuadros profesionales para familiarizarlos y convertirlos en usuarios corrientes de la Teleobservación, lo que es impostergable dado el actual desarrollo y las posibilidades de uso que tiene la tecnología, así como las proyecciones futuras.
3. Por significar una fuerte inversión y riesgo el recubrimiento aerofotográfico de la zona de selva, a baja altura, se aconseja realizar la restitución fotogramétrica de las fotografías aéreas de vuelo alto, en el grado que exija el nivel y tipo de estudio.

4. Es necesario uniformizar criterios y definiciones para la fotointerpretación de zonas de selva, por el método de Análisis de Elementos, con fines de trazo de rutas.
5. Todos los laboratorios de Aerofotografía Aplicada, deberían ser equipados con instrumentos modernos, tales como: restituidores, centro de cómputo, principalmente, con la finalidad de poder realizar estudios detallados.
6. Nuestra Universidad Nacional de San Martín, debe llevar adelante la adopción de los sistemas más modernos, que puedan responder a las expectativas de un rápido desarrollo a un corto plazo, y sólo esperamos un continuo avance en su aplicación técnica que redunde en beneficio directo de los programas tendientes no sólo a mejorar y preservar un buen nivel académico, sino que contribuyan a cumplir una función social.
7. La pendiente promedio del perfil longitudinal de la ruta recomendada es de 7%; mientras que al atravesar la zona cordillerana, la pendiente supera (10%) a la máxima excepcional que es 8%, debido a que los cálculos se han realizado so-

bre las cotas del terreno, por lo tanto será necesario alargar el desarrollo en este tramo introduciendo distancias suplementarias, a fin de evitar grandes cortes o rellenos.

8. En cuanto a las medidas para el uso y protección de los ambientes de desarrollo vial actual y futuro, se sugiere contemplar las recomendaciones siguientes:

- Los caminos deben ser contruidos evitando atravesar los ambientes que posean el mejor potencial y tratando de efectuar la menor eliminación de bosque, con el fin de prevenir la remoción del suelo. El bosque sirve como protección del medio físico, como regulador de la escorrentía, medio de vida de la fauna silvestre y como fuente de oxigenación de la atmósfera, en general.
- Se debe desarrollar el trazo de las carreteras en las partes inferiores de las laderas o por las cimas de las colinas (líneas de cresta), evitando en lo posible los cortes en laderas de fuerte pendiente (esto es, las tierras de producción y pro-

tección forestal). Las fuertes precipitaciones asociadas a la denudación del suelo (remoción por desgaste hídrico) desestabilizan las laderas, que se fracturan hidratándose luego y desprendiéndose o deslizándose hacia el fondo, por efecto de la gravedad, condicionando la situación para la ocurrencia de derrumbes. En todo caso es necesario adoptar medidas que aseguren la estabilidad de las laderas.

- Se debe poner el máximo cuidado en el diseño del trazo y en la planificación adecuada de obras de arte, principalmente de los tramos que cruzan tierras de topografía plana y/o ondulada, mediante la disposición de terraplenes con obras de drenaje apropiadas, de manera de evitar la interrupción del sistema de drenaje natural de las aguas. Debido a la presencia generalizada de arcillas expansivas que tienden a impermeabilizar el suelo, así como a la fuerte escorrentía superficial que ocurre durante la estación lluviosa, se promueven las condiciones para la ocurrencia de procesos de hidromorfización y

de erosión por cárcaveo que atentan contra la vida útil de las obras.

Se evidencian actualmente áreas anegadas en las vías de transporte terrestre que originan represamientos por la falta de obras de drenaje adecuadas, que favorezcan la mejor evacuación de las aguas.

- Se debe evitar la instalación de asentamientos poblacionales e industriales (como aserraderos) que impliquen un aprovechamiento directo de los recursos lo cual propicia el deterioro del medio físico, atentando contra la vida útil de la carretera y de la preservación del ecosistema, en general.

Por el contrario, se deben generar franjas de bosques intangibles a ambos lados de las carreteras que impliquen beneficio colectivo o de interés social, así como evitar y/o retardar la actividad erosiva.



CAPITULO VII

BIBLIOGRAFIA

1. CARRE, Jean
1,975, "Explotación de las Fotografías Aéreas",
Paraninfo Madrid.
2. CRON W., F.
1,975, "Trazado de Carreteras", UNI-Lima.
3. CRUZADO Q., Julio
1,990, "Curso de Fotogrametría y Explotación de
Fotografías Aéreas", UNI-Lima.
4. ENCISO G., Antonio C.
1,985, "Identificación de Rutas Alternativas
con fines de Uso Rural, Utilizando Fotografías
Aéreas". Tesis. UNA-La Molina, Lima.
5. FUENTES L., Alfonso
1,976, "Camino I", UNI-Lima.

6. GARNICA G., Luis

1,989, "Diagnóstico de Sistemas de Producción Agraria y Priorización de Necesidades y requerimientos en Manejo Ambiental", Tarapoto Departamento de San Martín.

7. GUTIERREZ I., Raúl

1,992, "Inventario y Evaluación de los Recursos Naturales y su Importancia en la Planificación del Desarrollo Regional", ONERN-Lima.

8. I G N.

1,989, "Atlas del Perú", Lima.

9. I N E I.

1,991, Manual de Utilización y Elaboración de Cartografía Aplicada a Estadística Agraria", UNA-La Molina, Lima.

10. LEROUX C., Emilio A.

1,970, "Mecánica de Suelos I y II", UNI-Lima.

11. M T C.

1,985, "Normas Peruanas para el Diseño de Carreteras", Lima.

12. ONERN.

1,983, "Estudio Detallado de Suelos",
Departamento de San Martín.

13. ONERN.

1,984, "Evaluación de los Recursos Naturales",
Departamento de San Martín.

14. ONERN.

1,990, "La Percepción Remota en el Estudio del
Uso de la Tierra", Lima.

15. PAREDES TADEY, Víctor.

TRAUCO TAFUR, Víctor.

1,985, "Estudio del Trazo Definitivo: Carretera
Marginal de la Selva-Codo del Pozuzo". Tesis.
UNI-Lima.

16. PRONAC.

1,991, "II Curso Nacional de Catastro Rural",
Lima.

17. PRONAC.

1,992, "I Curso Nacional de Fotogrametría",
Lima.

18. REATEGUI C., Richard.

1,987, "Curso de Caminos I", UNSM-Tarapoto.

19. RIOS R., Raúl.
1,967, "La Carretera Marginal de la Selva y el Fenómeno de la Erosión de los Suelos", Lima.
20. RIOS R., Raúl.
1,978, "La Conservación de los Suelos, Base del Desarrollo Rural", UNAS-Tingo María.
21. TASSARA C., Leonardo.
1,992, "Topografía I-II", UNI-Lima.
22. TIPIAN MUÑANTE, Luis.
1,983, "Proyecto de Caminos". Tesis. UNI-Lima.
23. VERA B., Luis.
1,964, "Estudio Aéreo y su Aplicación en el Estudio de Carreteras", Ministerio de Fomento y Obras Públicas, Lima.
24. VERA B., Luis.
1,964, "Trazo de una Línea de Gradiente para Carreteras", Lima.
25. WRIGHT F., Robert.
1,963, "Aerofotografía", UNI-Lima

